



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**ODBOR ZNALECTVÍ VE STAVEBNICTVÍ A OCEŇOVÁNÍ  
NEMOVITOSTÍ**

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN CIVIL ENGINEERING AND REAL ESTATE APPRAISAL

**VYUŽITÍ METODY FOTOGRAMMETRIE PŘI  
PASPORTIZACI PAMÁTKOVÉ BUDOVY**

USING THE PHOTOGRAMMETRY METHOD FOR A HISTORIC BUILDING PASSPORTIZATION

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Natálie Ondová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Monika Doležalová**

**BRNO 2019**

# Zadání diplomové práce

Studentka: **Bc. Natálie Ondová**  
Studijní program: Soudní inženýrství  
Studijní obor: Realitní inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Monika Doležalová**  
Akademický rok: 2018/19  
Ústav: Odbor znalectví ve stavebnictví a oceňování nemovitostí

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Využití metody fotogrammetrie při pasportizaci památkové budovy

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta bude s využitím metody fotogrammetrie zpracovat pasportizaci stavebního objektu – památky (segmentu Hradu Veveří) za účelem zjištění jejího stavebně – technického stavu. Na základě získaných výsledků navrhnout plán oprav.

### Cíle diplomové práce:

Vypracovat postup pro zpracování pasportizace stavby–památky při využití fotogrammetrie a navrhnout plán oprav.

### Seznam doporučené literatury:

MACEK, P. Standardní nedestruktivní stavebně – historický průzkum, vydal Státní ústav památkové péče, Praha, 2001, ISBN 80-86234-22-3.

HANZL, V., SUKUP, K. Fotogrammetrie I. Brno: CERM, 2002, 94 s.: il. ISBN: 8021420499.

MENCL, V. Stavebně technické průzkumy, vydalo IC ČKAIT, Praha, 2012, ISBN 978-80-87438-27-5.

ŠMAHEL, M. Problematika podrobnosti zpracování pasportizace objektů pozemních staveb, ExFoS 2014 – XXIII. mezinárodní konference soudního inženýrství, Brno, 2014, ISBN 978-80-2014-4852-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Milada Komosná, Ph.D.  
vedoucí odboru

---

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.  
ředit

### ***Abstrakt***

Tato práce se zabývá posouzením stavebně – technického stavu památkové budovy Jižní brány Hradu Veveří. S využitím fotogrammetrie, jako jednou z hlavních metod měření, je vytvořen 3D model tohoto objektu a zpracována jeho pasportizace. Na základě vyhotovených podkladů a bližšího průzkumu objektu je sestaven přehled vad a poruch objektu, jsou posouzeny možnosti jejich oprav a v závěru je navržen plán těchto oprav a odhadnuty náklady s tím spojené.

### ***Abstract***

This thesis deals with the assessment of the building technical condition of the monument building of the South Gate of the Veveří Castle. The use of photogrammetry, as one of the main methods of measurement, is a 3D model of this object and its passportization. Based on written materials and a closer survey of the object, this overview is considered a problem that should serve as a means of redress.

### ***Klíčová slova***

Pasportizace, fotogrammetrie, digitální model, stavebně – technický stav, památková budova

### ***Keywords***

Passportization, photogrammetry, digital model, building technical condition, monument building

### ***Bibliografická citace***

ONDOVÁ, Natálie. *Využití metody fotogrammetrie při pasportizaci památkové budovy* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/112410>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve stavebnictví a oceňování nemovitostí. Vedoucí práce Monika Doležalová.

### ***Prohlášení***

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Využití metody fotogrammetrie při pasportizaci památkové budovy“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních nebo majetkových a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně .....

.....

Podpis autora

### ***Poděkování***

Na tomto místě bych chtěla poděkovat paní Ing. Monice Doležalové, za odborné vedení mé diplomové práce, za cenné rady a připomínky. Především si vážím toho, že mi obětovala svůj čas a byla se mnou u měření objektu pomocí dronu. Také bych ráda poděkovala panu Ing. Pavlu Klikovi, PhD. za poskytnutí drona k měřickým účelům a samotného ovládání drona při pořizování fotografií.

Děkuji paní kastelánce Mgr. Lence Florkové a panu Bc. Pavlu Uedlovi za poskytnuté informace o měřeném objektu a vpuštění do areálu kdykoli bylo potřeba.

Poděkování patří i mé rodině, která mě podporovala při studiu vysoké školy a mému příteli, který byl mou oporou při tvorbě diplomové práce a pomáhal mi s měřením.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Literární rešerše .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Teoretická část .....</b>	<b>13</b>
3.1	<i>Pasportizace budovy.....</i>	13
3.1.1	Využití pasportizace .....	13
3.1.2	Zadavatel pasportizace .....	14
3.1.3	Podrobnost určení pasportizace .....	14
3.1.4	Druhy pasportizace .....	14
3.1.5	Místní šetření a podklady .....	15
3.1.6	Výstupní dokumentace .....	15
3.1.7	Další možné využití pasportizace .....	15
3.2	<i>Obnova a rekonstrukce kulturních památek .....</i>	16
3.2.1	Terminologie .....	16
3.2.2	Vady a poruchy staveb – základní dělení a příčiny .....	18
3.2.3	Legislativa upravující ochranu, obnovu a rekonstrukci památek .....	20
3.2.4	Národní památkový ústav.....	20
3.2.5	Kulturní památka .....	21
3.3	<i>Využití fotogrammetrie .....</i>	21
3.3.1	Blízká fotogrammetrie .....	23
3.3.2	Letecká fotogrammetrie .....	25
<b>4</b>	<b>Měřická část .....</b>	<b>26</b>
4.1	<i>Základní informace o objektu .....</i>	26
4.1.1	O Hradu Veveří .....	26
4.1.2	Informativní prvky .....	28
4.1.3	Jižní brána .....	29
4.2	<i>Vlastní měření.....</i>	30
4.2.1	Parametry použitých přístrojů .....	30
4.2.2	Místní šetření .....	33
4.2.3	Metoda měření délek .....	33
4.2.4	Zhotovení bodového pole.....	34
4.2.5	Zaměření vlícovacích bodů .....	34
4.2.6	Zaměření podrobných bodů .....	35



4.2.7	Pořízení digitálních snímků pomocí fotoaparátu .....	35
4.2.8	Pořízení digitálních snímků pomocí dronu .....	36
4.3	Vyhodnocení měření.....	37
4.3.1	Tvorba digitálního modelu z fotografií pořízených blízkou fotogrammetrií .....	38
4.3.2	Tvorba digitálního modelu z fotografií pořízených leteckou fotogrammetrií .....	40
4.3.3	Porovnání software programů při vyhotovení 3D modelu .....	41
<b>5</b>	<b>Stavebně – technické posouzení objektu .....</b>	<b>43</b>
5.1	Inženýrsko – geologický průzkum.....	43
5.2	Základové konstrukce.....	44
5.3	Svislé konstrukce .....	44
5.4	Vodorovné konstrukce.....	46
5.5	Krov, střešní krytina.....	47
5.6	Podlahy a povrchové úpravy .....	48
<b>6</b>	<b>Plán oprav .....</b>	<b>49</b>
6.1	Exteriér objektu – náhled vad a poruch, posouzení oprav .....	50
6.2	Interiér objektu – náhled vad a poruch, posouzení oprav .....	55
6.3	Výsledný harmonogram investic a oprav .....	59
<b>7</b>	<b>Posouzení výsledků .....</b>	<b>64</b>
7.1	Měřická část .....	64
7.2	Stavebně – technický průzkum .....	65
7.3	Plán oprav, časový harmonogram a kalkulace.....	66
<b>8</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>69</b>
<b>9</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>71</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>72</b>
	<b>Seznam zkratk.....</b>	<b>74</b>
	<b>Seznam obrázků a tabulek .....</b>	<b>75</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>77</b>

# 1 ÚVOD

Hlavním cílem pasportizace objektu je informovat o jeho aktuálním stavebně – technickém stavu. Tyto informace jsou obsaženy v dalekosáhlé technické dokumentaci, která skýtá náhled na existenci konstrukce nebo prvku, jejich umístění, skutečného stavu a míry opotřebení. To, jakými metodami bude provedeno zaměření objektu a následné zpracování, záleží na zpracovateli. V mé práci je spolu s klasickými měřickými metodami zvolena i metoda s využitím fotogrammetrie.

Pro mou diplomovou práci byl vybrán jako předmět pasportizace Hrad Veveří, konkrétně Jižní vstupní brána tohoto velkého komplexu, který se řadí mezi památkové budovy. Pro vyhotovení dokumentace stavebně – technického stavu je nutné provést fotodokumentaci, zaměření aktuálního stavu budovy a soupis všech konstrukcí a prvků, ze kterých je stavba tvořena. V jednotlivých krocích mé práce, jsou podrobně vysvětleny všechny činnosti spojené s pasportizací. Pomocí digitálních snímků, pořízených bezpilotním přístrojem a zpracovaných v programu AutoDesk ReCap, je vytvořen digitální 3D model a jsou vyhodnoceny získané výsledky stavebně – technického průzkumu. V závěru je navržen plán oprav segmentu Hradu Veveří a jsou odhadnuty náklady na jeho opravu.

Diplomová práce je rozdělena do přehledných kapitol. V rešeršní části diplomové práce je pracováno s odbornou literaturou související s daným tématem, čerpáno je z tuzemských i zahraničních zdrojů.

V teoretické části jsou objasněny používané pojmy a postupy, které jsou podstatné pro část praktickou. Jedná se o vysvětlení pojmu pasportizace a toho, co s ním souvisí. Jelikož je zaměřena památkově chráněná budova, je zohledněna i legislativa upravující ochranu, obnovu a rekonstrukci památek. Dále je v teoretické rovině popsáno využití fotogrammetrie a tvorba digitálních snímků.

V praktické části práce je obsaženo vlastní měření segmentu Hradu Veveří, vyhodnocení naměřených údajů, stavebně – technické posouzení objektu, plán oprav exteriéru a interiéru s odhadem cen. V diskusní části práce jsou posuzovány výhody a nevýhody použitých metod, následně vyhodnoceny všechny dosažené výsledky.

V závěru je zpětně ohlédnuto na postup vyhotovení celé práce a okomentován průběh získávání údajů. Také je zhodnocen celkový přínos mé diplomové práce a její možné využití v praxi.

## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

V této kapitole je zpracována literární rešerše související s mojí diplomovou prací. Jedná se o pasportizaci stavebního objektu a s ní spjaté vady a poruchy na posuzovaném objektu. Dále jsou to různé měřické metody. V mé práci je zvolena metoda fotogrammetrická, geodetická a měření délek pomocí laserového dálkoměru. Zdroje, ze kterých je při psaní práce čerpáno, jsou odborné články, učební texty a sborníky příspěvků z konference Expert Forensic Science Brno. Další literaturou jsou odborné knihy, vysokoškolské učebnice a webové stránky.

Poznáváním historických staveb, zjišťováním postupů a návodů historických průzkumů se společnost věnovala již od počátku 20. století (Kuda, 2012). Správa různých objektů byla započata ve chvíli, jakmile byl člověkem vlastněn nemovitý majetek. Vlastnictvím takového majetku vznikala i potřeba zajímat se o jeho stav a prodlužovat dobu užitku. Podle vysokoškolské učebnice Pasportizace v kontextu udržitelného managementu obecního domovního a bytového fondu (Česelský, 2010) tento zájem vznikl na počátku 70. let 20. století ve chvíli, kdy lidstvo vnímalo nemovitý majetek jako aktivum.

Dále je vymezena důležitá definice, a to slova pasportizace. Podle odborného příspěvku z konference Expert Forensic Science Brno (Šmahel, 2014) je pasportizace „*zpracování technické dokumentace do jednotné soustavy, inventarizace jejich skutečného stavu a míry opotřebení včetně inventarizace vad a poruch stavby, tedy proces, prostřednictvím kterého zjišťujeme aktuální stavebně – technický stav stavby a analyzujeme míru opotřebení a rozsah stávajících vad a poruch stavby.*“ Autor se v článku snaží vysvětlit rozdíl mezi pasportem a pasportizací objektu. Také je uvedeno, jak je pasportizace daného objektu rozsáhlá a jakými základními požadavky se musí zhotovitel řídit.

Na základě správně provedeného místního šetření je možné odhalit vady a poruchy staveb. Přesná definice vad a poruch je definována v odborném příspěvku z konference Expert Forensic Science Brno (Šmahel, 2015). V příspěvku je autorem čerpáno z českých státních norem, vyhlášek a zákonů. Není opomenuto uvedení základního rozdělení vad a poruch na zjevné a skryté. Podobnou, ale detailnější definice výše uvedených termínů poskytuje odborná učebnice Obnova a rekonstrukce staveb: poruchy, degradace, sanace (Witzany a kol., 2018), který se přímo zabývá obnovou a rekonstrukcí staveb. Autor se ve svých odborných textech zabývá také problematikou legislativy, která upravuje provedení pasportizace s následnou rekonstrukcí či sanací staveb.

Co se týká definice kulturní památky a její ochrany, touto problematikou se také zabývá autor v odborné učebnici Obnova a rekonstrukce staveb: poruchy, degradace, sanace (Witzany a kol., 2018). Autor v kapitole Ochrana kulturních památek přímo vysvětluje, co kulturní památka je, který orgán ji spravuje a jaké jsou podmínky pro opravu či návrh rekonstrukce. Stejný zdroj je díky svému rozsáhlému odbornému zaměření využit i při praktické části této práci z důvodu velkého množství názorných ukázek jednotlivých vad a poruch staveb a jejich řešení opravou.

To, co dělá moji diplomovou práci zajímavější, je zapojení metody fotogrammetrie do zpracování pasportizace objektu. I když se může jevit, že využití fotogrammetrie, geodézie či stavebního informačního modelu (dále jen BIM) není při pasportizaci podstatné, pravdou je, že v dnešní době se zapojení zmíněných metod do pasportizace objektu čím dál více využívá a potvrzuje to i příspěvek v odborném časopisu *Stavebnictví* (Synek, 2018), který vidí v propojení pasportizace s následným vytvořením BIM modelu budoucnost ve stavebnictví a prováděných rekonstrukcích na památkových budovách, protože s modernizací doby a s čím dál větším využitím techniky, se zvyšují i nároky na pasportizaci objektů. S postupem doby je sledováno více druhů konstrukcí, jsou prováděny průzkumy staveb a návrhy efektivních oprav s minimálním vlivem na okolí a životní prostředí. S příchodem digitalizace je pojednáváno o digitálních modelech budov, jakožto o zjednodušení evidence prvků konstrukcí a sjednocení informací.

V dnešní době je spojení pasportizace s digitálním modelem objektu prezentováno jako BIM model. Ačkoli se pojem BIM model stává v dnešní době mnohem více populární, jeho vznik je datován již v 70. letech 20. století. Revoluční myšlenka byla definována panem profesorem Charlesem Eastmanem v roce 2008, který se zabýval otázkou, zda by bylo možné použít počítač k výstavbě modelů budov a k architektonickým návrhům včetně jejich vlastností. Několik let na to je definován vývoj výzkumu v oblasti renovace a údržby památek, který je věnován zejména projektování ve stavebnictví a renovaci (Anton, 2018).

Podle odborného zahraničního článku *Conference Series* (Henek, 2017) jsou výhodami BIM modelu urychlení navrhování, efektivnější spolupráce s konstruktéry a specializovanými subdodavateli a propojení jednotlivých fází výstavby. Evidencí všech projektových dokumentací by mělo předcházet kolizím, na základě toho včasné odhalit chyby a okamžitě je odstranit.

Základním prvkem BIM modelu je digitální model objektu. Ten je vytvořen s využitím blízké či letecké fotogrammetrie. Pro tuto práci byla vybrána definice z vysokoškolské učebnice *Fotogrammetrie I* (Hanzl, 2002), který definuje metodu fotogrammetrie jako „*Vědu a techniku zabývající se určováním mapování ve středním měřítku a tematickým mapování ve velkém měřítku. Je velmi efektivní metodou při sběru dat pro GIS a DMT. Blízká fotogrammetrie zahrnuje převážně netopografické aplikace v širokém spektru oborů.*“ V současné době se v České republice již s digitálními modely objektů pro správu a údržbu nemovitostí pracuje a je jen otázkou několika málo let, kdy bude tato metoda v celoplošném měřítku rozšířena a ukončí složité vypracovávání pasportizace budov s oddělenými projektovými dokumentacemi v elektronické či papírové podobě.

Důležitá je také volba přístroje, který je pro fotogrammetrickou metodu použit. Charakteristikami měřických kamer a jejich parametrů se rovněž zabývá vysokoškolská literatura *Fotogrammetrie I* (Hanzl, 2002). Ty jsou pak zejména využívány při blízké fotogrammetrii. Naopak přístroje, které jsou využívány při letecké fotogrammetrii definuje odborný zahraniční článek (Baker, 2008). Autor článku uvádí rozdělení bezpilotních prostředků a základní popis všech jednotlivých přístrojů.

### 3 TEORETICKÁ ČÁST

V této kapitole jsou objasněny používané pojmy a postupy, které jsou podstatné pro část praktickou. Jedná se o vysvětlení pojmu pasportizace a toho, co s ním souvisí. Jelikož je zaměřena památkově chráněná budova, je zohledněna i legislativa upravující ochranu, obnovu a rekonstrukci památek. Dále je v teoretické rovině popsáno využití fotogrammetrie a tvorba digitálních snímků.

#### 3.1 PASPORTIZACE BUDOVY

Na úvod této kapitoly je potřebné objasnit zásadní rozdíly mezi termíny pasportizace a pasportem budovy. Tyto termíny bývají často nevědomky zaměňovány.

Pojmem pasport budovy se rozumí pohled na architektonickou část stavby, pojednání o vybavenosti, stavu a doložení informací o technických parametrech. Udává se i způsob použití stavby a celkový pohled na ni. Jedná se tedy o stručnou a ucelenou zprávu o pojednávané budově.

Druhý pojem pasportizace dává uživateli náhled na celkový stavebně – technický stav dané stavby. K tomu, aby byly tyto informace užitečné a poskytovaly smysluplnost, je zapotřebí zpracovat technickou dokumentaci. V této dokumentaci jsou obsaženy veškeré údaje o aktuálním stavu budovy. Řadí se sem informace o stavebních konstrukcích, ze kterých je budova tvořena, a také o technickém stavu, ve kterém se momentálně budova nachází. Rovněž do ní musí být zahrnuty možné vady a poruchy, které byly při místním šetření odhaleny. Tyto skutečnosti jsou obsaženy v inventarizaci skutečného stavu a míry opotřebení.

Při pasportizaci se jedná hlavně o vytvoření přehledné a ucelené databáze informací o stavebně – technickém stavu objektu. Tyto informace mohou být použity pro zajištění maximální efektivity a hospodárnosti vynakládaných prostředků, které jsou využívány pro běžnou údržbu a opravu zjištěných poruch stavby (*Šmahel, 2014*).

##### 3.1.1 Využití pasportizace

Pasportizace má všestranné využití v řadě odvětvích. Nejčastěji je využívána majiteli nebo správci objektů, kteří se zabývají správou nemovitostí, případně rekonstrukcí stávajících objektů. Další využití je pro stavebně – technický průzkum, zjištění vad a poruch starších konstrukcí staveb nebo mobiliáře jednotlivých objektů. Do pasportizace může být zahrnuta i databáze bezpečnostních prvků, únikových cest a inženýrských sítí.

### 3.1.2 Zadavatel pasportizace

Nejčastějším zadavatel provedení kontroly stavebně – technického stavu je samotný vlastník objektu. Může se jednat o vlastníka podzemní, pozemní nebo doplňkové stavby inženýrských sítí. Výsledná pasportizace je použita pro vyhodnocení vlastností budovy pro činnosti, které na ni mají v budoucnosti probíhat. Jedná se o činnosti jako jsou rozsáhlejší stavební úpravy, přístavba, nadstavba, adaptace, modernizace nebo rekonstrukce.

Investorem je pasportizace zadána, jedná-li se o vyhodnocení vlivu, který by na daný objekt měla organizovaná stavební činnost. Jedná se také o zjištění výše náhrady škody způsobené stavební činností na okolních pozemních stavbách.

Zhotovitel je zadavatelem při vyhodnocování vlivu prováděné stavební činnosti a pro zjištění rozsahu nutných vyvolaných oprav. Vyhodnocení směřuje i k určení výše náhrady škody způsobené stavební činností na okolních pozemních stavbách.

### 3.1.3 Podrobnost pasportizace

Hlavním předmětem určení stavebně – technického stavu jsou konstrukce a prvky stavby, proto musí být podrobnost pasportizace vypracována kvalifikovaným a zkušeným odborníkem. Zkušený odborník by měl splňovat vzdělání v oboru statika, dynamika staveb a geotechnika. Podrobnost určená odborníkem by měla být součástí projektové dokumentace, nebo tvořit její přílohu.

### 3.1.4 Druhy pasportizace

Při pasportizaci objektu je využito několik způsobů. Členění těchto způsobů se odvíjí od druhu zpracování. Při zjednodušené pasportizaci se dokumentace skládá ze zjednodušené projektové dokumentace půdorysů jednotlivých podlaží s umístěním zařizovacích předmětů. Místnosti jsou očíslovány a doplněny o plošné výměry. Přílohu také tvoří dokumentace základních stavebně – technických údajů jednotlivých konstrukcí stavby doplněná základními údaji o zjištěných vadách a poruchách.

Ve střední pasportizaci jsou obsaženy všechny půdorysy jednotlivých podlaží včetně půdorysu střechy. Jsou doplněny svislé řezy a pohledy se zakreslením zařizovacích předmětů. Výkresová část je doplněna o viditelné rozvody technického vybavení objektu. Nechybí očíslování místností a jejich plošné výměry. V příloze je také přiložena technická zpráva s popisem konstrukcí, jednotlivých prvků, rozvodů technického zařízení budov (dále jen TZB) a s celkovým zhodnocením stavebně – technického stavu, poruch a vad objektu.

Nejobsáhlejší dokumentací je úplná pasportizace. Obsah je tvořen všemi půdorysy jednotlivých podlaží včetně střechy, svislými řezy a pohledy se zakreslením zařizovacích předmětů, výkresovou částí s viditelnými rozvody technického vybavení objektu. K očíslovaným místnostem s plošnými výměrami je přiřazeno druhové určení podlah a podhledy jednotlivých místností. Popisu rozvodů TZB je věnována větší pozornost, stejně tak jako celkovému vyhodnocení stavebně – technického stavu.

### **3.1.5 Místní šetření a podklady**

Pro zajištění spolehlivých podkladů při tvorbě stavebně – technické databáze je nutné provést místní šetření. K provedení správného místního šetření a prohlídky vybraných objektů jsou využity a správně zvoleny podklady. Podklady jsou tvořeny např. pracovními kopiemi projektových dokumentací všech půdorysů podzemních i nadzemních podlaží, mohou být také využity různé řezy a pohledy. Je také zapotřebí, aby byly zhotovitelem pasportizace zjištěny dostupné údaje o vzniku stavby a jednotlivých stavebních úpravách jako jsou rekonstrukce, nadstavba, přístavba, modernizace či adaptace.

Při místním šetření je také provedena vizuální kontrola stavebně – technického stavu všech konstrukcí a celého objektu. Vizualizací bývají určeny a zapsány do databáze stávající vady a poruchy jednotlivých konstrukcí, ale také celková specifikace místních podmínek, která je může ovlivňovat.

### **3.1.6 Výstupní dokumentace**

Výstupními dokumentacemi místního šetření jsou zápisy a protokoly o současném stavu jednotlivých konstrukcích nebo prvcích stavby. Aby byla dokumentace o stavu objektu celistvá je nutné, aby byla pořízena fotodokumentace celého objektu, jednotlivých prvků, vad a poruch. K fotodokumentaci je v dnešní době možné použít kvalitní kameru mobilního telefonu, nebo i samotnou digitální zrcadlovku s objektivem. Dalším výstupním souborem je zjednodušená technická dokumentace stavebního objektu, která je sepsána formou technické zprávy jejíž přílohu tvoří zjednodušené výkresové dokumentace se zakreslenými zjištěnými vadami a poruchami.

### **3.1.7 Další možné využití pasportizace**

Pasportizace stavby je také využívána pro zpracování repasportizace. Ta se provádí při zjišťování vlivu stavební činnosti u objektů, ať už vlastních nebo okolních, na vlastní pasportizovaný objekt. Je zjištěn rozsah škod, aby mohla být určena výše škody způsobená stavební činností okolních staveb na objekt pasportizace. Na základě zjištěných výsledků jsou vypracovány znalecké posudky. Znalecké posudky jsou použity v soudních sporech, např. ve věci zjištění výše náhrady škody způsobené stavební činností.

Další možností je využití pasportizace jako podkladu pro místní šetření. Místní šetření může být zahájeno na základě nařízeného krátkodobého nebo dlouhodobého kontrolního sledování objektu. Protože je na základě výsledků možné doporučit vhodné umístění bodů sloužících pro kontrolní měření. Kontrolní měření je prováděno zejména pro dohled nad stávajícími trhlinami, deformacemi, odchylkami od vodorovnosti nebo svislosti (*Šmahel, 2014*).

## **3.2 OBNOVA A REKONSTRUKCE KULTURNÍCH PAMÁTEK**

V této kapitole jsou vybrány některé odborné termíny, které se využívají při charakteristice problematiky v souvislosti s obnovou a rekonstrukcí kulturních památek. Stručně je zmíněna příslušná legislativa upravující hodnocení stavebně – technického stavu kulturní památky a její opravy či rekonstrukce.

### **3.2.1 Terminologie**

#### Vada

Vadou se rozumí jakákoli odchylka provedení stavby od sjednaného projektu. Projevuje se nedodržením dané projektové dokumentace, záměnou stavebních prvků za méně kvalitní, nebo levnější varianty. Nejčastější vadou provedení je nedodržení zásad řádné vazby.

Na základě viditelnosti, jsou rozlišovány dva druhy vad. Pokud je vada viditelná na pohled, jedná se o vadu zjevnou. Je zjištělná zkouškami, které se běžně provádí. To ovšem neplatí o skryté vadě, která je zjištěna destrukcí, případně užíváním objektu.

#### Porucha

Porucha je stav, který se začíná projevovat působením času. Mnohé poruchy vznikají na základě dříve nezjištěných vad. Takovými poruchami mohou být poruchy vzniklé nevyhovující kvalitou malty, nevyhovující kvalitou kusového zdiva, nedodržením rovnosti a svislosti zděných prvků.

Stejně jako u vad jsou rozlišovány také dva druhy poruch. Zjevná porucha je na první pohled viditelná. Pokud není, je snadné ji zjistit pomocí běžných zkoušek na rozdíl od skryté poruchy. Ta je pouhým okem nezjistitelná a pro její odhalení musí být provedeny destrukce materiálu. Skrytá porucha se může projevit až působením času (*Šmahel, 2015*).

#### Rekonstrukce objektu (stavby)

Rekonstrukce stavby je prováděna za účelem odstranění vad, poruch, funkčních nedostatků nebo opotřebenosti objektu v souladu s budoucím využitím objektu, jeho historickou hodnotou a platnými předpisy. Jedná se vždy o regenerační zásah do konstrukčního, materiálového, technického i technologického řešení objektu.



### Trvanlivost

Stavby bývají navrhovány tak, aby odolávaly fyzickému stárnutí a opotřebení. Trvanlivost je pojem, který danou vlastnost označuje. Vlivy, které na stavbu působí se nazývají degradační procesy. Působením degradačních procesů se snižuje trvanlivost stavby, vznikají nestálosti materiálů, hmot a výrobků, z nichž je stavba postavena.

### Životnost

Označuje dobu, po kterou stavba vykonává svoji funkci a plní účel, pro který byla určena. Po dobu životnosti se předpokládá, že náklady na její provoz nebudou extrémně zvyšovány. Zůstatková hodnota stavby nesmí být převyšena celkovými náklady na opravy a údržbu.

### Fyzické opotřebení

Je ovlivňováno působením času. Charakterizuje stav, kdy stavba nebo její části ztrácí schopnost plnit funkční požadavky. Ztráty se projevují na projektovaných a fyzikálně – mechanických vlastnostech, a to zvyšováním fyzického opotřebení a ztrátou fyzické životnosti. Následně klesá užitná hodnota a krátí se cyklus oprav a pravidelné údržby.

### Spolehlivost

Vlastnost, která vyjadřuje schopnost konstrukce plnit stanovené požadavky nosného prvku. Od spolehlivosti stavby se odvíjí její bezpečné užívání a trvanlivost konstrukcí. Je vyjadřována pomocí pravděpodobnostních indikátorů.

### Degradační procesy

Jsou to procesy, které jsou charakterizovány specifickými vlastnostmi stavebních hmot a ovlivňovány vnějším okolím. Ovlivňují zhoršení požadovaných vlastností hmot a konstrukcí. Vlivy, kterými jsou degradační procesy urychlovány jsou chemického, fyzikálního, mineralogického, mechanického a biologického původu. Pro přesné vyhodnocení doby, po kterou degradační proces na konstrukci působí, je nutné určit počátek a konec působení degradačního procesu. V některých případech může nastat rovnovážná poloha působení takového děje. To se stane v případě, že byly vyčerpány zdroje probíhajících procesů, nebo byly změněny podmínky vnějšího okolí.

Na základě doby působení degradačních procesů se dělí na:

- Náhlé degradační děje – trvající po dobu několika sekund, minut, hodin, dnů
- Krátkodobé degradační děje – trvající po dobu několika měsíců
- Dlouhodobé degradační děje – trvající po dobu několika let (*Witzany a kol., 2018*)

### 3.2.2 Vady a poruchy staveb – základní dělení a příčiny

Poruchy viditelné jsou poznatelné okem. Jsou to nadměrné svislé průhyby, trhliny, nadměrné kmitání, průsak vody do objektu nebo koroze konstrukcí. Poruchy neviditelné jsou všechny přetížené konstrukce bez viditelných projevů, jejichž stabilita je narušená a vlastnosti stavebního materiálu jsou zhoršené.

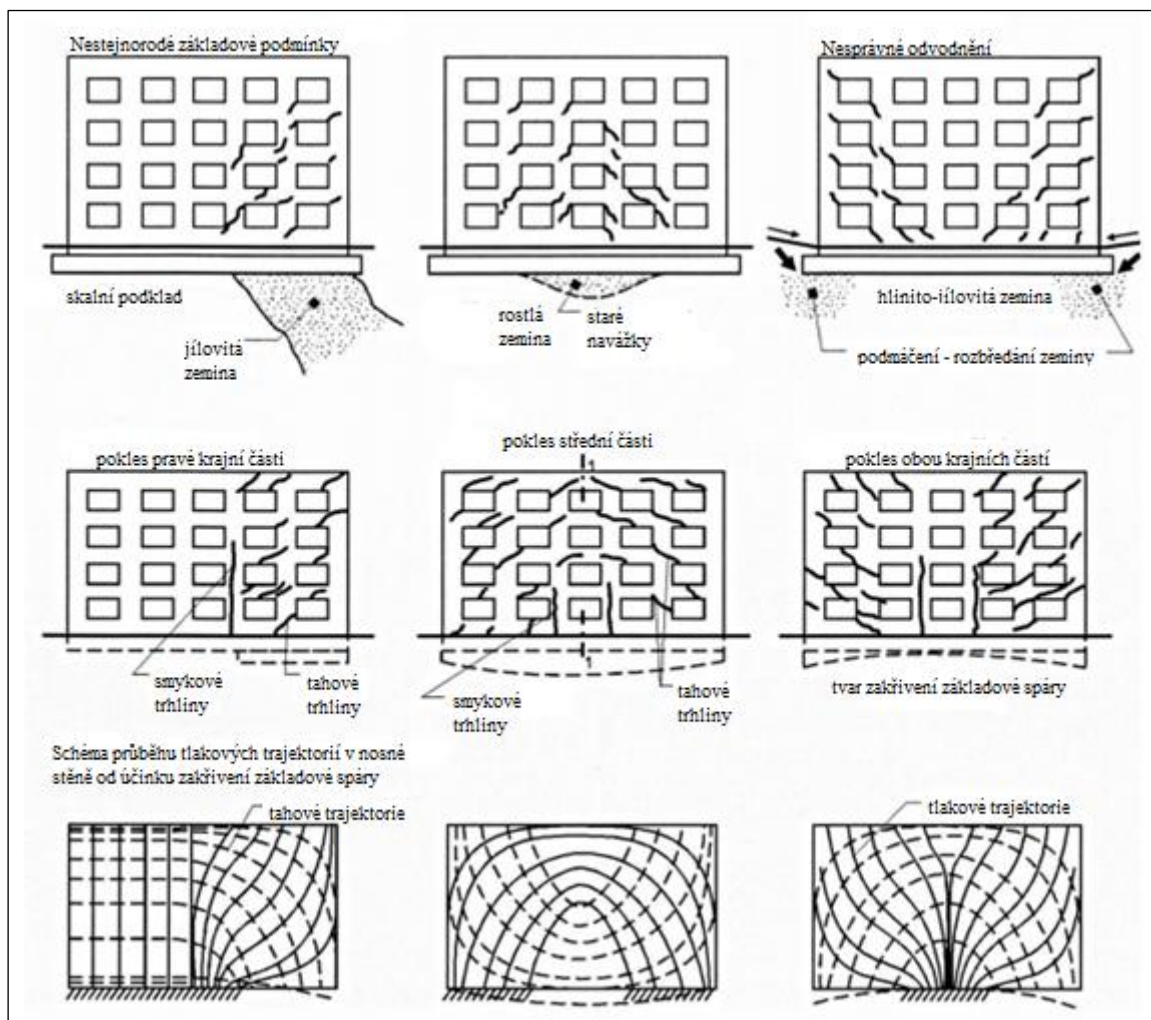
Poruchy jsou ze statického pohledu děleny na statické a nestatické. Statické poruchy vznikají jako odezva na účinek zatížení nebo deformace, jejichž působení ovlivňuje statické působení části konstrukce nebo celku. Nestatické poruchy jsou způsobené spolupůsobením materiálů použitých na konstrukci a prostředím, kde se nachází, např. působení teploty, chemické nebo biologické vlivy a další okolnosti.

Poruchy mohou být způsobeny projektantem z důvodu časové nebo ekonomické úspory zestrany investora, nebo z důvodu chybějící původní projektové dokumentace. Dále může být způsobena ze strany dodavatele, který nedodržuje dané technologické postupy a sjednanou realizaci projektu. Investor způsobuje poruchy za vidinou jisté úspory, např. na projektu, na odborném dozoru nebo nedůslednosti při přejímce stavebních prací. Nejčastější příčinou poruch je účel užívání samotným uživatelem, např. přetížení konstrukce nadstavbou nebo použitím agresivních látek. Dalšími, ale méně častými příčinami jsou vnější vlivy, např. klimatické podmínky, podzemní voda, nebo nepředvídatelné živelné pohromy.

Nejčastější projev mechanického porušení zdiva je vznik trhlin. Trhliny vznikají v důsledku nedostatečné únosnosti, dlouhodobým přetvářením, následkem změn zatížení, degradací a rozrušováním materiálu, popř. neodborným zásahem. Stáří trhliny lze odhadnout pouze orientačně, a to na základě jejich vzhledu. Černá trhlina zanesená prachem a dalšími nečistotami je stará několik roků. Jasná čistá trhlina s ostrými okraji ukazuje na svůj „nedávný“ vznik.

Trhliny jsou děleny z hlediska pohybu, významnosti a původu. Z hlediska pohybu se dělí na aktivní a stabilizované. Hlavní rozdíl je jejich proměnlivá velikost a tloušťka. Nevýznamné trhliny jsou pro konstrukci nezávažné a jsou pouze vzhledovým prvkem poruchy. Naopak významné trhliny ovlivňují spolehlivost konstrukce, její životnost a funkci, kterou by měla plnit. Trhliny charakteristické svým rozevřením a téměř neporušenými okraji zdiva v místě trhliny jsou tahové. Tlakové trhliny způsobují drcení materiálu, vrásnění a odlupování omítky v místě působení. Působením smykové neboli také posouvající síly, vzniká posun částí zdiva a porušení okrajů zdiva v místě působení trhliny.

Sanace (neboli oprava) trhlin je prováděna dvěma způsoby. První způsob je pouze dočasný. Sanují se tím trhliny, které se objevily u vážně poškozených konstrukcí v havarijním stavu. Jedná se o provizorní zabezpečení před plánovanou modernizací či rekonstrukcí stavby. Trvalá sanace trhlin se uvažuje, pokud se jedná o pasivní trhliny, odstranění omítky nebo zatěsnění tmelem. Bývá prováděna injektáží, stehováním, oplášt'ováním, stažením ocelovými táhly nebo předpjatými lany (Witzany a kol., 2018).



Obr. č. 1 - Charakteristické tvary trhlin v důsledku podmáčení a sedání základové spáry, průběhy tlakových a tahových trajektorií (Witzany a kol., 2018)

### 3.2.3 Legislativa upravující ochranu, obnovu a rekonstrukci památek

Při ochraně, obnově a rekonstrukci památek je nutné se řídit platnými zákony a předpisy, které se této problematice týkají. V souvislosti s kulturními památkami bylo legislativou vytvořeno několik zákonů a úmluv, ke kterým musí být přihlíženo a na základě kterých smí být vypracovány studie či dokumentace návrhů oprav. Níže je uveden výpis platných zákonů a předpisů týkajících se kulturních památek (*Witzany a kol., 2018*).

- Benátská charta o zachování a restaurování památek a sídel
- Zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, novelizován zákonem č. 225/2017 Sb.
- Prováděcí vyhláška č. 66/1988 Sb., k zákonu o státní památkové péči, novelizována vyhláškou č. 538/2002 Sb.
- Zákon č. 101/2001 Sb., o navrácení nezákonně vyvezených kulturních statků, novelizován zákonem č. 183/2017 Sb.
- Zákon č. 71/1994 Sb., o prodeji a vývozu předmětů kulturní hodnoty, novelizován zákonem č. 183/2017 Sb.
- Úmluva o ochraně architektonického dědictví Evropy
- Úmluva o ochraně archeologického dědictví Evropy
- Evropská úmluva o krajině
- Úmluva o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví

### 3.2.4 Národní památkový ústav

Národní památkový ústav je největší příspěvkovou organizací Ministerstva kultury ČR. V roce 2003 vznikl spojením Státního ústavu památkové péče a krajských státních památkových ústavů. Vývoj památkové péče směřoval k tomu, aby obnově kulturních památek předcházely průzkumy a určení hodnoty památky, aby byla zohledněna současná funkce a vytvořeny požadavky na metodické principy.

Úspěšným zásahem do historické stavby se rozumí také perfektní součinnost vědců, restaurátorů, památkářů a techniků. Při obnově staveb je nutná znalost historických konstrukcí, řemesel a materiálů spjatých se stavbou.

Památky, které chrání památková péče jsou charakteristické souvislostí s významnou historickou osobností, historickou událostí či obdobím. Vytvářejí náhled na jejich historický vývoj, životní způsob a projev tvůrčí schopnosti člověka. Pod ochranu památkové péče spadají movité památky, např. mobiliární fondy a nemovité památky, např. pomníky a budovy (*Witzany a kol., 2018*).

### 3.2.5 Kulturní památka

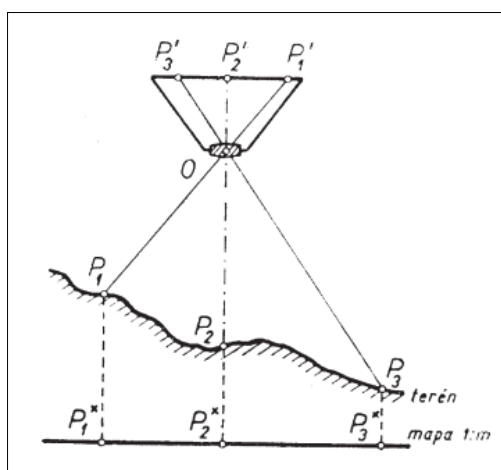
Kulturní památka je dělena na movitou a nemovitou. Je z pravidla ovlivňována kulturou, uměním, architekturou, úrovní techniky a technologií. Je důkazem historického vývoje společnosti. Pro přehlednost kulturních památek byl v České republice sepsán jejich seznam. Aktuálně je do ústředního seznamu kulturních památek zapsáno přibližně 40 000 nemovitých a více než 40 000 movitých památek. Seznam je tvořen i národními kulturními památkami jichž je 313 a památkami zapsanými na seznam světového kulturního dědictví UNESCO jichž je 12 (Witzany a kol., 2018).

## 3.3 VYUŽITÍ FOTOGRAMMETRIE

Existuje spousta definic, které pojem fotogrammetrie vystihují. Jednou z definic je: „*Fotogrammetrie je věda, způsob a technologie, která se zabývá získáváním dále využitelných měření, map, digitálního modelu terénu a dalších produktů, které lze získat z obrazového, nejčastěji fotografického záznamu.*“ (Pavelka, 2009)

S touto metodou je možné měnit tvar, velikost a polohu objektů pomocí jejich digitálních snímků. Zabývá se také vlastnostmi leteckých a pozemních přístrojů, které digitální snímky pořizují. Vyhodnocuje je a aplikuje do digitálního prostředí.

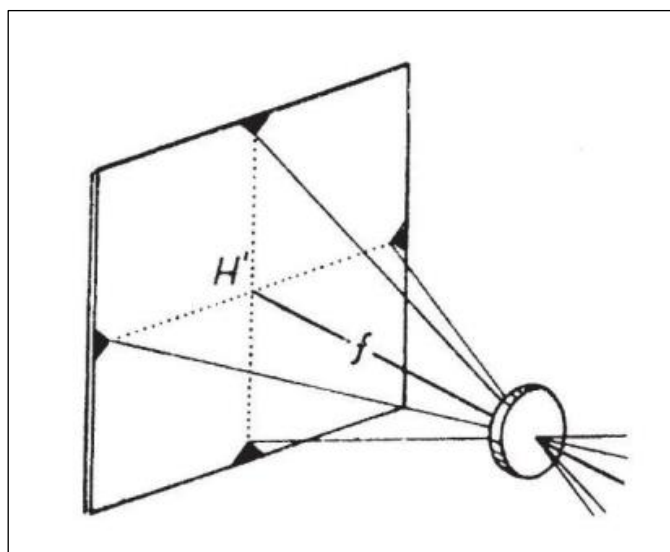
Pojem fotogrammetrie představuje několik metod získávání snímků a jejich vyhodnocování. Pro tuto práci byly vybrány dvě metody vhodné pro získání snímků. Jednou z nich je metoda blízké fotogrammetrie a druhou je letecká metoda pomocí bezpilotního přístroje. Základním geometrickým principem při pořizování digitálních snímků v terénu je centrální projekce. Spojitost mezi objektem a jeho snímkem je v době záznamu určena tzv. fotogrammetrickým svazkem paprsků procházejícím středem promítání.



Obr. č. 2 - Projekce mapy a snímku (Böhm, 2002)

Centrální projekce je tedy předmětem fotografického snímku. Střed objektivu se stává středem promítání, kterým procházejí všechny paprsky a tvoří perspektivní obraz. Pro převod centrální projekce na rovinu mapy je nutné znát tvar a polohu svazku paprsků.

Vnitřní orientace snímku definuje tvar fotogrammetrického svazku paprsků. Tím je vyjádřen vztah projekčního centra k obrazové rovině. Prvky vnitřní orientace jsou tvořeny délkou kolmice spuštěné z projekčního centra na obrazovou rovinu a poloha paty této kolmice na obrazové rovině (Jiroušek, 2014).



Obr. č. 3 - Vnitřní orientace snímku (Böhm, 2002)

Při pořizování snímků je nutné, aby byly fotogrammetrické kamery zaostřeny na nekonečno. To zapříčiní, že obrazová vzdálenost bude totožná s ohniskovou vzdáleností objektivu. Poloha hlavního bodu na snímku je určena průsečíkem spojnic rámových značek, které se při každé expozici navážou na snímek. Fotografický snímek, jehož prvky vnitřní orientace známe, označujeme jako měřický snímek.

Prvky vnější orientace jsou definovány vzájemnou závislostí projekčního centra k vnějším souřadnicím a vztahem orientace osy záběru vůči souřadnicovým osám. Tyto prvky jsou nejčastěji zjišťovány pomocí globálního polohového systému nebo inerciální měřící jednotky (dále jen GPS nebo IMU) (Böhm, 2002).

### 3.3.1 Blízká fotogrammetrie

Blízká (neboli také pozemní) fotogrammetrie je metoda praktikována na zemi. Jedná se o pořízení digitálních snímků v bezprostřední vzdálenosti od měřeného objektu. Vzdálenost přístroje od objektu se pohybuje do 100 m. Platí, že čím menší vzdálenost, tím lepší přesnost. Tato metoda se s oblibou používá ve stavebnictví, architektuře, kriminalistice nebo lékařství. Její výhodou je, že přístroj pořizující snímky je pevně postaven na stativu, a proto je možné přesně zachytit polohu daného objektu. S rostoucí kvalitou přenosných fotoaparátů se tato metoda stává přístupnější pro širší skupinu společnosti. Nevýhodou je, že při tvorbě digitálního modelu vznikají hluchá místa, protože některé části budovy jsou překryty jinými objekty, např. stromy, auty, jinými stavbami.

Díky speciálním vlastnostem se tato metoda využívá k dokumentaci fasád budov, měření deformací konstrukcí, dokumentaci památek a jako podklad pro vyhodnocení oprav.

Výhodou blízké fotogrammetrie je lepší efektivita práce. Pokud se práce provádí s digitálním fotoaparátem vyšší kvality, dá se očekávat lepší přesnost pořízených snímků, a tím i přesnější výsledek této metody. Zpracování naměřených dat poté probíhá formou post-processing. V terénu jsou tedy data naměřena, ale zpracovávají se až v kanceláři, a to je možné i za nepřízně počasí. To ušetří čas v terénu a zpracovatel je schopen vykonat více různorodé práce.

Zpracování dat probíhá v prostředí speciálních softwarových programů. Tyto programy umožňují vyhotovit 3D model objektu s pomocí digitálních snímků. Výsledný model je možné doplnit o textury a vymodelovat tak, aby co nejvíce odpovídal skutečnosti. Více o vyhodnocování naměřených dat v kapitole 4.3 Vyhodnocování měření.

Nevýhodou blízké fotogrammetrie je pořízení velkého množství snímků a dat. To způsobuje zvýšení požadavků a nároků na hardwarové vybavení přístroje. Měření v terénu vyžaduje nutnost kombinace s geodetickými metodami, měřič je tedy povinen mít k dispozici více přístrojů, které mu zajistí provádět více odlišných metod měření (Kalinka, 2010).

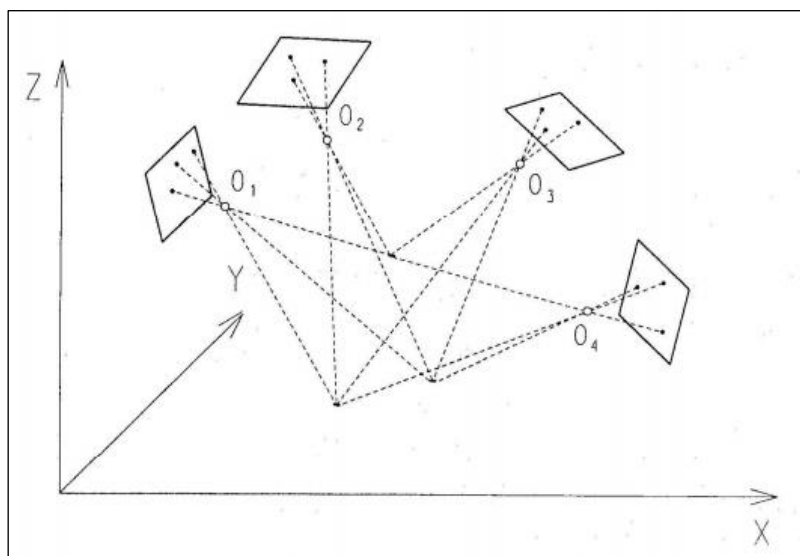
#### Přesnost blízké fotogrammetrie

Faktory, které ovlivňují přesnost určení souřadnic bodů v blízké fotogrammetrii se nazývají geometrické a negeometrické faktory.

Geometrické faktory:

- Faktory ovlivňující měřítkové číslo snímku, a to zejména velikost formátu, konstanta kamery a vzdálenost projekčního centra od objektu. Čím větší formát a měřítko snímku, tím větší přesnost.
- Velikost úhlu, pod kterým se protnou paprsky, by měla být 90°. Avšak pro dobré rozlišení bodů je vhodné, aby osa bodu svírala s paprskem úhel větší jak 30°.
- Pro vyšší přesnost jsou vlíčovací body rozmístěny po celém objektu mezi jednotlivými měřenými body, jejich počet je tedy větší.

- Použitím konvergentního snímkování z více stanovisk docílíme nejvyšší přesnosti (viz Obr. č.4.).
- Hlavním cílem konvergentního snímkování je, aby byl zájmový objekt zachycen na třech a více snímcích, které jsou pořízené z míst od sebe vzdálených. Vznikají nadbytečná měření a eliminují se systematické chyby.



Obr. č. 4 - Konvergence snímkování (Hanzl, 2002)

- Kromě vlíčovacích bodů je vhodné zhotovit a zaměřit i navazovací body. Tyto body by měly být rozloženy po celé ploše snímku. Slouží pro zvýšení přesnosti a zkvalitnění výpočtů.

Negeometrické faktory:

- Pro zlepšení přesnosti a eliminace deformace je vhodné použít kameru s mřížkou.
- Přesnost zařízení, ze kterého je prováděno měření.
- Způsob signalizace bodů a rovněž jejich tvar a osvětlení.
- Počet snímků pořízených z jednoho stanoviska (Hanzl, 2002).



### 3.3.2 Letecká fotogrammetrie

Oproti blízké fotogrammetrii se jedná o metodu, která pořizuje snímky zájmového objektu nebo plochy ze vzduchu. Kamera provádějící snímkování nemá pevné stanoviště a pořizuje snímky v pohybu. Dříve se k této metodě využívala letadla se zabudovanou kamerou. V dnešní době narůstá obliba v používání bezpilotních letounů. Poloha letounů je zaznamenávána pomocí GPS a IMU.

Bezpilotní získávání snímků též často označováno pojmem z anglického Unmanned Aerial Vehicle (dále jen UAV) je charakteristické získáváním snímků bez pilota na palubě. Snímkující letoun může být naprogramován a vykonávat úlohu bez ovládání další osoby. Častěji se využívá možnost manuálního ovládání letounu ze vzdáleného stanoviště na zemi.

Při práci byla jako bezpilotní prostředek použita multikoptéra. Pod tímto pojmem bývá nejčastěji označován vrtulník s více motory. Nejčastější počet motorů bývá 4, 6, 8 nebo i víc. Na základě počtu vrtulí se multikoptéry mohou označovat i jako kvadrokoptéry, hexakoptéry, oktokoptéry apod. Obecně platí, že čím více má multikoptéra vrtulí, tím je přístroj při měření stabilnější (Baker, 2008).

Tab. č. 1 - Rozdělení bezpilotních prostředků (vlastní tvorba, 2019)

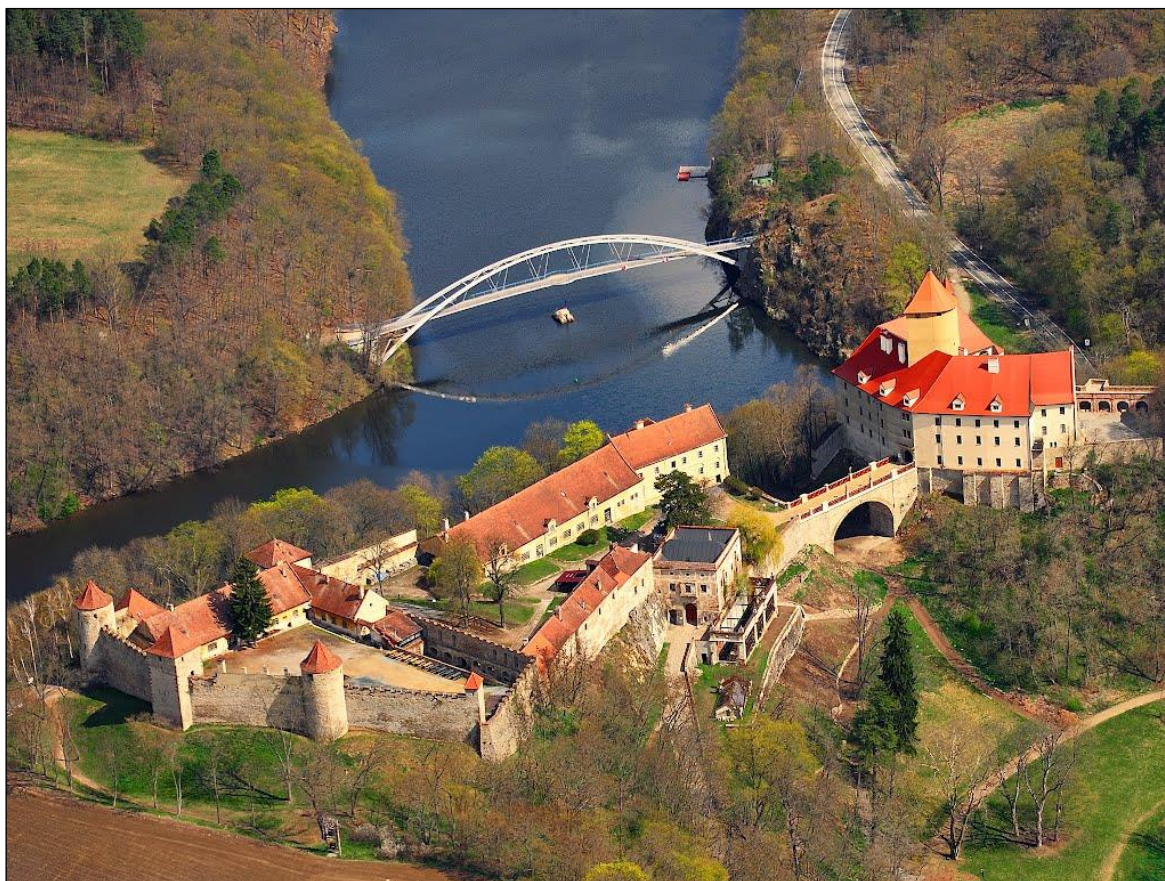
Bezpilotní prostředky	
bez pohonu	s pohonem
balón	vzducholod'
větroň	letadlo
rogalo	vrtulník
paraglide	koaxiální vrtulník
drak	multikoptéra

## 4 MĚŘICKÁ ČÁST

### 4.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU

#### 4.1.1 O hradu Veveří

Státní hrad Veveří se nachází severozápadně od města Brna. Ční se nad skalnatým ostrohem, který je lemován soutokem řeky Svatky a potoku Veverka. Řeka Svatka je hlavním zdrojem vody brněnské přehrady a protéká městem Brnem. K hradu je možné se dostat po hlavní cestě vedené z městské části Brno-Bystrc do Veverské Bítýšky. Velká parkovací plocha pod areálem hradu slouží pro parkování návštěvníků s vlastními automobily. Avšak hrad je dostupný i veřejnou dopravou, a to hned dvěma způsoby. První možností je doprava autobusem jedoucím od Zoologické zahrady města Brna. Druhou možností je lodní doprava, která je poskytována v sezóně od dubna do října.



*Obr. č. 5 - Státní hrad Veveří – pohled na celý areál (Nový, 2019)*

Státní hrad Veveří je komplex, který je tvořen několika budovami. Tyto budovy jsou zařazeny do tří oblastí. Vnitřní hrad je tvořen Palácem s britovou věží, I. nádvořím s arkádami, anglickým traktem s přední a zadní budovou a II. nádvořím. Střední hrad je tvořen „purkrabstvím“, budovou se sálem, vstupní bránou, bývalými garážemi, skleníky, dolní a horní věži přihrádku, hospodářskou budovou, konírnou a prostory bývalé kovárny. Přihrádek je tvořen kruhovou věží, hranatou věží, nárožní věží a klenutým hradním mostem. Část vnitřního hradu je také nazývána jako „původní hrad“ a střední hrad je nazýván jako „přístavba“. Tyto obě dvě části jsou propojeny mostem, který patří k dominantám hradního komplexu.

Hrad Veveří je jedním z nejrozsáhlejších hradních areálů u nás. Vznikl během téměř osmisetleté historie. Podle pověsti byl založen kolem roku 1059 moravským údělným knížetem Konrádem I. V pramenech je poprvé připomínán roku 1213. Původně šlo zřejmě o malý lovecký hrádek či pouze dvorec moravských markrabat. Veveří jako opravdový kamenný hrad vzniká pravděpodobně až před polovinou 13. století. V podstatě do dnešního rozsahu byl hrad rozšířen po polovině století 14. za vlády moravského markraběte Jana Jindřicha (mladšího bratra císaře Karla IV.), který z Veveří učinil jedno ze svých hlavních sídel.

Význačné pozdní renesanční přestavby proběhly na počátku 17. století. V roce 1645 byly hrady Veveří a Pernštejn jedinými pevnostmi v širokém okolí, které odolaly Švédům při obléhání města Brna. Z iniciativy kněžny Ypsilanti bylo po roce 1870 výrazně upraveno okolí hradu a na jižní stráni hradního ostrohu vznikl rozsáhlý park se dvěma skleníky. Poslední šlechtický majitel hradu a celého panství Veveří, Arnold De Forest Bischofsheim, prodal hrad a to roku 1925 československému státu.

V letech 1942–1945 bylo Veveří říšskou brannou mocí zabaveno pro potřeby jednotek Wehrmachtu a SS (německy Schutzstaffel neboli ozbrojená síla). Po válce bylo Veveří nakrátko opět zpřístupněno veřejnosti, ale na počátku 50. let byl rozsáhlý hradní areál velmi necitlivě adaptován pro potřeby Lesnického učiliště, internátu a závodní školy práce. Tato instituce zde působila přes 20 let. Po roce 1972 vznik megalomanský projekt přestavby Veveří na mezinárodní studentské a kongresové centrum. Ze stavby byly realizovány jen první etapy, a to položení nové kanalizace a vodovodu a tzv. statické zabezpečení za pomoci rozsáhlých betonových injektáží, mikropilotáží a nástřiků. Z dnešního hlediska je jasné, že hrad a jeho historické a umělecké hodnoty byly těmito zásahy těžce poškozeny. Po roce 1989 byly nedokončené práce opuštěny a hrad ponechán svému osudu (*Dacík, 2000*), (*Flodrová, 2002*), (*Hodeček, 2001*).

### 4.1.2 Informativní prvky

Pozemek, na kterém je postaven Hrad Veveří, se nachází v katastrálním území Brno Bystrc (611778), p. č. 5197, o výměře 13038 m<sup>2</sup>. Druh pozemku je zastavěná plocha a nádvoří. Vlastnické právo patří České republice. Od roku 1999 byl hrad přenechán Ministerstvem školství Ministerstvu kultury a byl zařazen mezi památkové objekty, o které se stará Národní památkový ústav v Brně.

Informace o pozemku	
Parcelní číslo:	<a href="#">5197</a>
Obec:	<a href="#">Brno [582786]</a>
Katastrální území:	<a href="#">Bystrc [611778]</a>
Číslo LV:	<a href="#">3656</a>
Výměra [m <sup>2</sup> ]:	13038
Typ parcely:	Parcela katastru nemovitostí
Mapový list:	DKM
Určení výměry:	Graficky nebo v digitalizované mapě
Druh pozemku:	zastavěná plocha a nádvoří



Součástí je stavba	
Budova s číslem popisným:	<a href="#">Bystrc [411744]</a> č. p. 1239; objekt občanské vybavenosti
Stavba stojí na pozemku:	p. č. <a href="#">5197</a>
Stavební objekt:	<a href="#">č. p. 1239</a>
Ulice:	<a href="#">Hrad Veveří</a>
Adresní místa:	<a href="#">Hrad Veveří 1239/1</a>

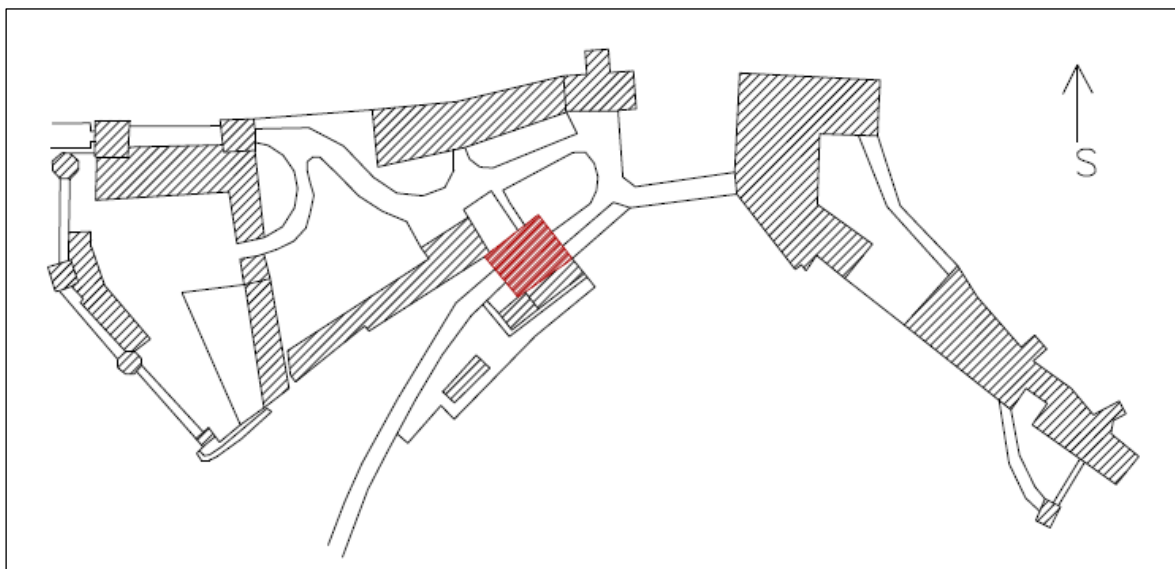
Obr. č. 7 - Informace o pozemku (dostupné z ČÚZK – nahlížení do KN)

Vlastníci, jiní oprávnění	
<b>Vlastnické právo</b>	Podíl
Česká republika,	
<b>Příslušnost hospodařit s majetkem státu</b>	Podíl
Národní památkový ústav, Valdštejnské náměstí 162/3, Malá Strana, 11800 Praha 1	
Způsob ochrany nemovitosti	
<b>Název</b>	
ochr. pásmo jiného zvlášť chrán. území nebo pam.stromu	
nemovitá kulturní památka	

Obr. č. 6 - Informace o vlastnících a způsobu ochrany nemovitosti (dostupné z ČÚZK – nahlížení do KN)

### 4.1.3 Jižní brána

Jižní brána tvoří vstupní bránu do celého areálu hradu. Je situována směrem na jihovýchod. Vznik této brány bohužel není přesně datován, a tak je o jejím stáří pouze spekulováno. Podle některých dochovaných prvků, se dá tvrdit, že základ této brány má původ v gotice. Podoba dnešní brány je z velké části ovlivněna rozsáhlou přestavbou, která byla započata v roce 1622 v pozdně renesančním období. O několik let později jsou pak vnitřní prostory přestavěny na dvě bytové jednotky, které měly být obývány vrátným. Tyto dvě bytové jednotky byly vybudovány v 19. st. a ve své době budily dojem honosného bydlení.



*Obr. č. 8 - Umístění Jižní brány v areálu Hradu Veveří (vlastní tvorba, 2019)*

Jižní brána je postavena na skalnatém podloží v prudce svažitém terénu. Její tvar je spíše obdélníkovitý. Je tvořena třemi podlažími. 1. nadzemní podlaží (dále jen NP) je využíváno jako vstupní suterén do areálu hradu. Je opatřeno dvěma vysokými branami, které jsou velikostně upravené pro umožnění průjezdu automobilů a jiných strojů, sloužících pro údržbu areálu. Mimo dvě hlavní průjezdové brány jsou zde i menší vstupní vrata. 1. NP je tvořeno pěti menšími místnostmi, z nichž v jedné je malé točité schodiště, končící na úrovni 2. NP. Hlavní vstup do 2. NP je umožněn ze dvora, který je situován uvnitř areálu hradu. Na tomto podlaží jsou chodbou oddělené bytové jednotky, celkem je zde devět místností. 3. NP bylo vybudováno jako půdní prostor. V roce 2000 bylo zrekonstruováno. Toto podlaží je však momentálně přístupné pouze po žebříku, rovněž ze strany dvora uvnitř areálu hradu. Zastřešení jižní brány je tvořeno kombinací pultové a sedlové střechy. Díky této kombinaci je střecha členitá. Střešní plášť je z plechových šablon, na cihelné atice jsou tašky bobrovky.

Jižní brána sousedí svou jižní částí s Velkým skleníkem. V západním rohu je propojena se středním hradem, který je v dnešní době využíván jako garáž a jako občerstvení pro návštěvníky hradu.

## 4.2 VLASTNÍ MĚŘENÍ

Měřická část byla uskutečněna v období podzimu roku 2018 a na jaře v roce 2019. Po rekognoskaci terénu bylo nutné vybudovat pomocnou měřickou síť a provést měření vlícovacích bodů. Dále byly pořízeny snímky digitálním fotoaparátem a laserovým dálkoměrem byly změřeny všechny vzdálenosti mezi jednotlivými stěnami, výklenky a dveřmi v celé budově. Z důvodu špatné přístupnosti jedné stěny objektu z jihovýchodní (dále jen JV) strany, bylo nutné digitální snímky doplnit snímky získanými bezpilotním leteckým přístrojem.

### 4.2.1 Parametry použitých přístrojů

Tab. č. 2 - Parametry GNSS přijímače (Trimble.com, 2006)

Přijímač GNSS-RTK Trimble R4	
Funkce:	vytvoření pomocné měřické sítě
Výrobní číslo:	94443-00
Podporované systémy:	GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU
Přesnost RTK horizontální:	8 mm + 1 ppm
Přesnost RTK vertikální:	15 mm + 1 ppm



Obr. č. 9 - Přijímač GNSS Trimble (Geotronics, 2016)



Tab. č. 3 - Parametry totální stanice Trimble (Trimble.com, 2006)

Totální stanice Trimble M3	
Funkce:	zaměření vlíčovacích bodů
Výrobní číslo:	DO36261
Zvětšení:	30x
Dosah délkového měření:	3 000 m
Přesnost měření délek:	2 mm + 2 ppm
Přesnost měření úhlů:	3 ′ ′ (1 mgon)



Obr. č. 11 - Postavení přístroje na stanovisku 9001 (vlastní tvorba, 2019)



Obr. č. 10 - Totální stanice Trimble (vlastní tvorba, 2019)

Tab. č. 4 - Parametry laserového dálkoměru Bosch (Nako Pardubice, 2019)

<b>Laserový dálkoměr Bosch GLM 30</b>	
Funkce:	měření délek
Měřicí rozsah:	0,15 - 30 m
Přesnost měření:	2 mm
Doba měření:	0,5 - 4 s

Tab. č. 5 - Parametry digitálního fotoaparátu Nikon (MegaPixel, 2019)

<b>Digitální fotoaparát Nikon D90</b>	
Funkce:	pořizování digitálních fotografií, videozáznamů
Rozlišení:	12,3 Mpx
Délka expozice:	1/500 sec.
Ohnisková vzdálenost:	18 mm
Závěrka clony:	f/3.5

Tab. č. 6 - Parametry fotoaparátu kvadrokoptéry (Foto Škoda, 2019)

<b>Fotoaparát kvadrokoptéry DJI-F302 PHANTOM FC40 RC</b>	
Funkce:	pořizování digitálních fotografií, videozáznamů
Rozlišení:	720 p/30fps
Délka expozice:	1/496 sec.
Ohnisková vzdálenost:	4 mm
Závěrka clony:	f/2.8 mm



Obr. č. 12 - Kvadrokoptéry DJI-F302 PHANTOM FC40 RC (vlastní tvorba, 2019)



#### 4.2.2 Místní šetření

Při seznamování se s objektem neboli při „místním šetření“, byla jako podklad použita katastrální mapa, ortofoto mapa a byl zjištěn stav bodového pole v okolí zájmového objektu. Tyto informace byly získány ze serveru Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (dále jen ČÚZK). Z důvodu nedostatečné hustoty bodového pole v okolí objektu byla pro účel zaměření vytvořena pomocná měřická síť technologií Globálního družicového polohového systému (dále jen GNSS). Pro zákres situace byly zhotoveny měřické náčrtů přímo v terénu. Do nich byly pak zaznamenávány i oměrné míry jednotlivých stěn a vzdálenosti. Celkem bylo v terénu vytvořeno 5 měřických náčrtů. Později byly správcem hradu dodány i starší projektové dokumentace.

Vzhledem k tomu, že prostor hradu byl po čas místního šetření veřejnosti nepřístupný, bylo nutné požádat o vstup kastelánku hradu. Po domluvě byl přístup umožněn do všech místností posuzovaného objektu.

Při místním šetření bylo zjištěno, že několik budov rozsáhlého hradního areálu bylo již zrekonstruováno. Pro smysluplnost této práce byl tedy zvolen objekt, který je doposud neopravený a jsou na něm viditelné stopy působení času a projevy vad či poruch.

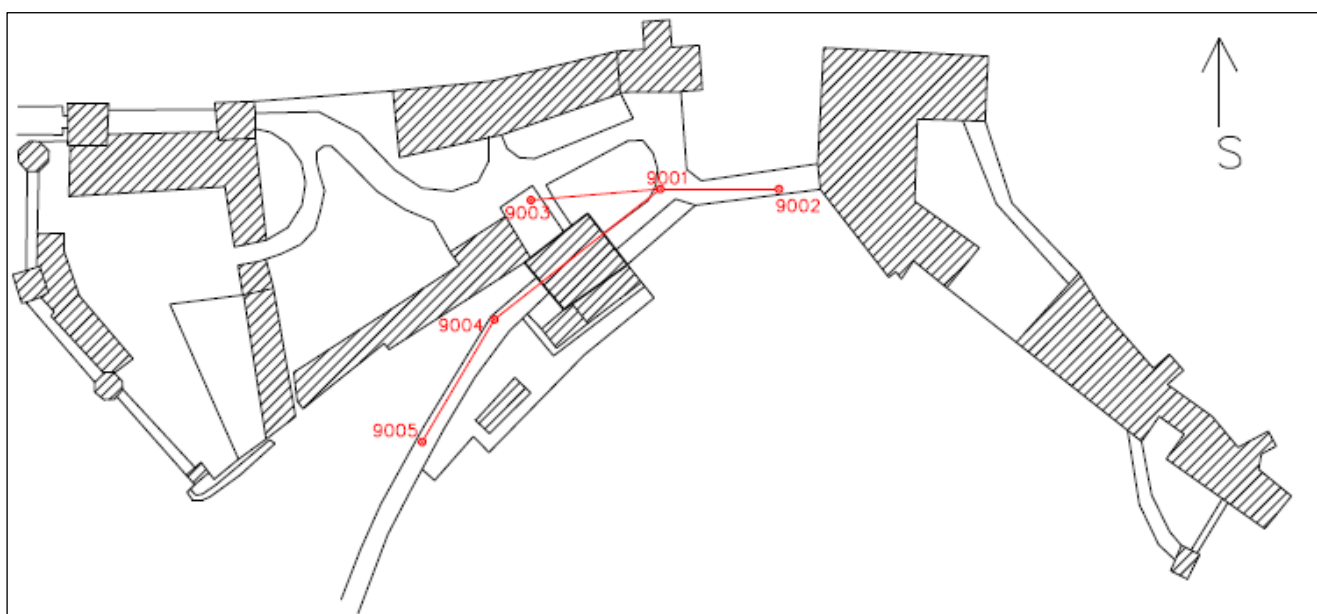
#### 4.2.3 Metoda měření délek

Měření objektu probíhalo třemi různými metodami. Interiér budovy byl změřen s využitím laserového dálkoměru BOSCH, ocelového měřického pásma a svinovacího metru. Vše bylo zapůjčeno na Stavební fakultě VUT. Pro určení vzdáleností a všech rozměrů jednotlivých zdí, oken, dveří a výšek místností byl využit laserový dálkoměr. Pro určení menších vzdáleností do 1 m byl použit svinovací metr. Celkem byly zaměřeny dvě bytové jednotky nacházející se v 2. NP a všechny místnosti v 1. NP. Hodnoty naměřené v terénu byly zapisovány do měřických náčrtů vyhotovených při místním šetření, aby bylo možné zaznamenat aktuální stavebně – technický stav.

Jelikož je stav objektu špatný a zejména v interiéru je většina konstrukcí značně poškozena degradačními procesy, může nastat situace, že v jedné místnosti bude i několik různých výšek stropu, stěny na sebe nebudou kolmé a zdi od sebe budou tedy rozdílně vzdáleny.

#### 4.2.4 Zhotovení bodového pole

Z důvodu nedostatečné hustoty stávajícího bodového pole v okolí objektu byla navržena pomocná měřická síť. Tato síť byla vytvořena technologií GNSS a navázána do souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (dále jen S-JTSK) a výškového systému Baltský po vyrovnání (dále jen Bpv). Body byly navrženy tak, aby bylo možné z každého zaměřit alespoň dvě orientace polární metodou. Rozmístění stanovišek bylo soustředěno napříč posuzovaného objektu a v jeho těsné blízkosti. Pro určení souřadnic stanovišek byla využita GNSS aparatura zapůjčená ze Stavební fakulty VUT.



Obr. č. 13 - Schéma bodového pole (vlastní tvorba, 2019)

#### 4.2.5 Zaměření vlíčovacích bodů

Vlíčovací body jsou místa na objektu, která jsou specifická změnou povrchu či průběhu hrany. Měly by být jasně viditelné a určitelné podle měřických náčrtů z terénu. Při zaměřování vlíčovacích bodů se měří šikmá vzdálenost, vodorovný a horizontální úhel pomocí totální stanice. Výpočtem naměřených údajů jsou získány jejich souřadnice a ty pak dopomáhají k určení orientace a rozměru digitálního modelu. Výpočet naměřených hodnot byl proveden ve výpočetním programu Groma. Vstupním souborem je zápisník naměřených hodnot s příponou .ZAP vyexportovaný z totální stanice. Při importu zápisníku bylo zavedeno Křovákovo zobrazení a byly redukovány šikmé délky na vodorovné. Pomocí zápisníku a funkce polární metoda v programu Groma, se provede výpočet a výsledkem jsou souřadnice bodů v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

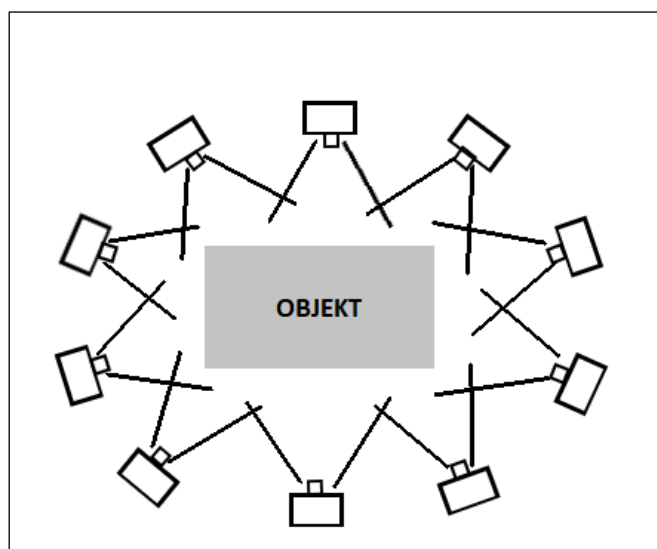
#### 4.2.6 Zaměření podrobných bodů

Podrobný bod je takový bod, který definuje jakoukoli změnu terénu nebo charakterizuje tvar objektu. V mé práci bylo zaměřeno několik podrobných bodů, a to hlavně v místech, která byla hůře změřitelná ručně. Byly zaměřeny výklenky, okenní otvory nebo výklenky dveří. Zaměření podrobných bodů slouží také pro zjištění kontrolní délky mezi dvěma zvolenými body, jejichž vzdálenost je převedena do prostředí tvorby digitálního modelu, a tím je určeno měřítko modelu. Výpočet souřadnic podrobných bodů je obdobný jako u vlícovacích bodů ve výpočetním programu Groma.

#### 4.2.7 Pořízení digitálních snímků pomocí fotoaparátu

Po manuálním zaměření objektu, byly pomocí zapůjčeného fotoaparátu Nikon D90 pořízeny digitální fotografie. Pořízení snímků je nutné naplánovat s ohledem na oblačnost, která může ovlivnit kvalitu fotek a tím i výsledný digitální model. Ideální počasí je mírná oblačnost až zataženo. Určitě není vhodné, aby bylo jasno a sluneční paprsky ozařovaly objektiv fotoaparátu a tím snižovaly kvalitu pořízených fotek.

Podmínkou správného zobrazení modelu objektu je, že musí být focen ze všech stran zhruba ve stejné vzdálenosti. Aby nedocházelo k odlišným parametrům fotografií, musí se na začátku focení nastavit zaostření fotoaparátu na nekonečno a správná velikost clony. Výchozí pozice kamery musí být upravena tak, aby každý další snímek zahrnoval minimálně jeden vlícovací bod, který byl zahrnut i ve snímku předchozím (viz Obr. č. 14).



Obr. č. 14 - Rozmístění kamery při pořizování snímků objektu (vlastní tvorba, 2019)

#### 4.2.8 Pořízení digitálních snímků pomocí dronu

Vzhledem k tomu, že jedna ze stran objektu je špatně přístupná a nebylo možné pořídit kvalitní fotografie pomocí fotoaparátu, byl jako jedna z dalších možností fotogrammetrického zaměření objektu použit dron. Objekt byl fotografován stejným způsobem jako u blízké fotogrammetrie, jen byla použita větší výška (viz Obr. č. 15). Dron byl pro účely mé diplomové práce zapůjčen z Ústavu soudního inženýrství, ovládán byl panem doktorem Klikou.

Při měření s dronem je nutné brát ohled na klimatické podmínky jako je povětrnost. Je-li rychlost větru vyšší jak 10 km/h je doporučeno měření odložit, protože ovladatelnost dronu je stížená a nedosáhne se dostatečné kvality fotografií. V den, kdy probíhalo měření, bylo zataženo a byl mírný vítr okolo 3 až 4 km/h. To jsou ideální podmínky pro pořízení snímků, se kterými se dá při vytvoření digitálního modelu dále pracovat.



Obr. č. 15 - Schématické rozmístění kamery při pořizování snímků objektu (vlastní tvorba, 2019)

### 4.3 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Výsledkem měřických činností v terénu jsou digitální model objektu, půdorysy všech podlaží a technické parametry jednotlivých konstrukcí. Vzhledem k tomu, že byly vyzkoušeny dvě rozdílné metody sběru digitálních snímků, byl digitální model vytvořen ve dvou odlišných softwarových programech.

Jako podklad pro vytvoření zjednodušených výkresů půdorysů jednotlivých podlaží byly použity měřické náčrty, které byly vyhotoveny přímo v terénu. Samotná tvorba výkresů probíhala v programu Microstation PowerDraft. Do prostředí programu byly vyneseny z měřických náčrtů naměřené délky, které pak byly okótovány.

Pro porovnání hodnot naměřených jednotlivými metodami byla vytvořena tabulka (*viz Tab. č. 7*), která uvádí údaje o době potřebné k měření v terénu, přístrojích a výsledné přesnosti délky do 30 m. Je nutné dodat, že přesnost se s rostoucí délkou snižuje, avšak při měření nebyla zaznamenána délka delší jak 30 m.

#### **Zhodnocení měření délek pomocí ručního dálkoměru**

Z tabulky je zřejmé, že nejvíce času zabere ruční měření délek pomocí ručního laserového dálkoměru, tato doba byla stanovena na 10 hodin bez přestávky. K měření je potřeba jednoho měřiče a jednoho zapisovatele. Oproti délce trvání měření je přesnost naměřených délek nejpřesnější. Výrobce stanovuje přesnost  $\pm 1,5$  mm na délku 30 m. Když se ke všem údajům přidá ještě potřebné příslušenství, které je tvořeno pouze laserovým ručním dálkoměrem s kupní cenou asi 1 500,- Kč, vychází tato metoda sice na nejvíce časově náročnou, ale na druhou stranu je nejpřesnější a také nejlevnější.

#### **Zhodnocení měření délek pomocí totální stanice**

Pro zaměření všech délek potřebných k vyhotovení půdorysu objektu je stanovena doba měření na 8 hodin. Doba je ovlivněna častou změnou stanoviska totální stanice a nutností zaměřit každý jednotlivý bod zvlášť. K měření je potřebný pouze jeden měřič. Pořizovací cena potřebných přístrojů, jako jsou totální stanice se stativem a odrazným hranolem. Hodnota vypůjčené totální stanice je 150 000,- Kč. Ze všech uvedených informací vyplývá, že tato metoda je méně vhodná než metoda první a také je mnohem více nákladnější.

## **Zhodnocení měření délek odměřením z digitálního modelu objektu**

Jako poslední metoda byla zvolena metoda fotogrammetrie. Pro pořízení digitálních snímků potřebných pro vyhotovení 3D modelu budovy byla stanovena 1 hodina. Při pořizování fotografií je zapotřebí pouze jednoho fotografa s kvalitním digitálním fotoaparátem s objektivem. Cena za kvalitní fotoaparát s objektivem je asi 50 000,- Kč. Tato metoda je, co se týče výsledné přesnosti s výslednou přesností určení délky, hodnocena jako nejhorší. Je to z toho důvodu, že model může být různě zdeformovaný a odměřovací místa nemusí být přesně určena, proto se tato přesnost pohybuje až v řádech centimetrů.

*Tab. č. 7 - Porovnání času a přesnosti jednotlivých měření (vlastní tvorba, 2019)*

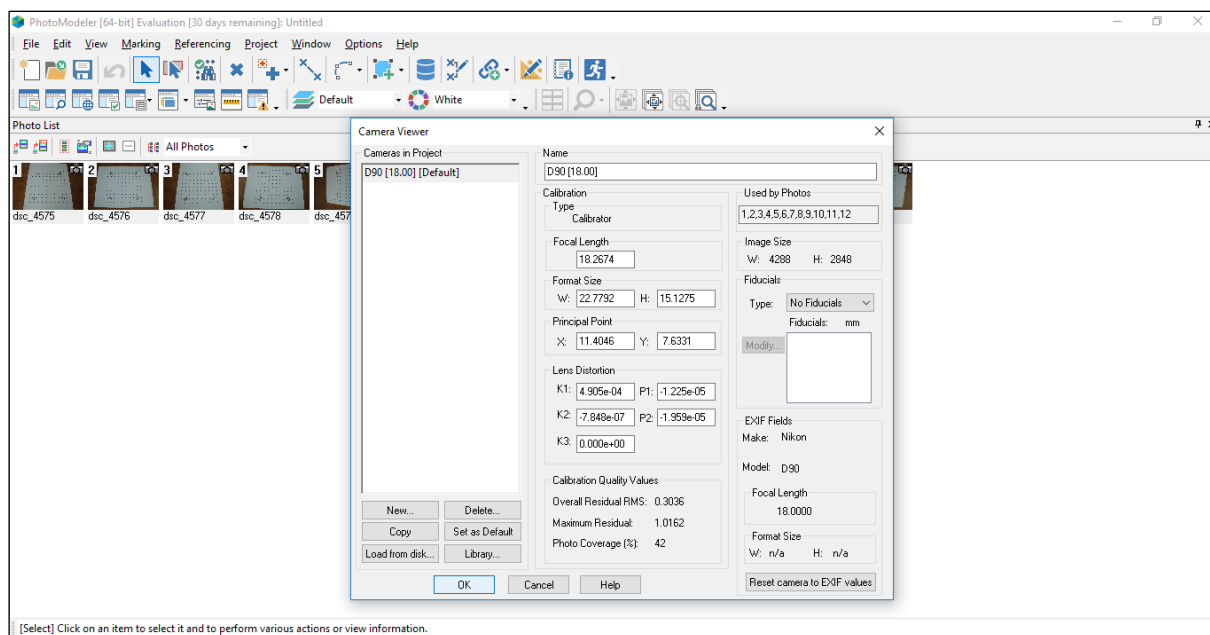
<b>Metoda měření délek</b>	<b>Doba měření</b>	<b>Potřebné přístroje</b>	<b>Výsledná přesnost na 30 m</b>
pomocí ručního laser. dálkoměru	10 hodin	dálkoměr	±1,5 mm
pomocí totální stanice	8 hodin	totální stanice	±2 mm
z digitálního modelu	1 hodina	digitální kamera	±100 mm

### **4.3.1 Tvorba digitálního modelu z fotografií pořízených blízkou fotogrammetrií**

Pro tvorbu digitálního modelu byl zvolen software Photomodeler 8.1, který je určen pro blízkou fotogrammetrii. Tento program dokáže relativně snadno vypočítat transformaci, orientaci snímků a určit prostorové souřadnice objektu. Postup spočívá v kalibraci kamery, kterou byly pořízeny digitální snímky, nahrání fotografií s označením vlíčovacích bodů a navazovacích bodů, na konec výpočet prostorových souřadnic objektu. Tento postup bude v následující části podrobněji popsán a v závěru vyhodnocen.

#### **Kalibrace kamery**

Provádí se v prostředí softwaru. Pro výpočet kalibračních parametrů je zapotřebí založit si kalibrační soubor a nahrát snímky vyfoceného terče. Terč byl poskytnut přímo společností Photomodeler a sloužil pouze pro kalibraci modelu. Důležité je terč vytisknout ve skutečné velikosti, aby bylo zachováno měřítko. Pro kalibraci kamery byl vybrán terč na formátu papíru A1 s celkem 100 body. V klasické poloze fotoaparátu je terč vyfocen z každé strany, poté se fotoaparát otočí o 90° a provedou se další snímky ze všech stran, to samé se opakuje i po otočení fotoaparátu o 180°. Dohromady je vyhotoveno 12 digitálních snímků kalibračního terče. Tyto snímky se nahrají do založeného kalibračního souboru a spustí se výpočet kalibračních parametrů.



Obr. č. 16 - Výpočet kalibračních parametrů v programu Photomodeler 8.1 (vlastní tvorba, 2019)

Po dokončení výpočtu je nutné uložit si kameru do paměti softwaru, aby mohly být údaje použity při tvorbě digitálního modelu.

### **Založení projektu**

Po založení projektu jsou nahrány fotografie objektu. Do mého projektu bylo nahráno celkem 24 fotografií s tím, že jedna strana objektu byla hůře dostupná, proto byla vyfocena z více úhlů a vzdáleností. Důležité je nastavit v projektu vypočítanou kalibraci z předchozího kroku. Po nahrání snímků a nastavení základních parametrů je možné začít se snímky pracovat.

### **Označování bodů**

Jakmile jsou fotky nahrány, je seznam souřadnic vlíčovacích bodů importován. Pomocí souřadnic vlíčovacích bodů a jejich označením na snímcích se nastavuje měřítko modelu. Jedná se o přenesení určité vzdálenosti z terénu do digitálního prostředí pomocí souřadnic tzv. transformace. Pomocí funkce „Mark Points Mode“ jsou vytvářeny a označovány navazovací body. To jsou body, které charakterizují jakoukoli linii, výběžek, změnu tvaru, změnu povrchu. U navazovacích bodů je nutné dbát na podmínku, že každý bod musí být označený minimálně na dvou různých snímcích.

## **Výpočet**

Jakmile jsou vlíčovací i navazovací body označeny, je možné spustit výpočet pomocí funkce „Process“. Kvalitu výpočtu je možné zkontrolovat v informativním okně, které se otevře po dokončení výpočetní úlohy. Při špatných výsledcích je možné poupravit označení některých navazovacích bodů nebo je celkově z výpočtu odstranit.

## **Výsledek**

Ve výpočetní části se bohužel nepodařilo ani jednou variantou chybu ve výsledném výpočtu eliminovat, a nebylo tak možné digitální model pomocí softwaru Photomodeler dokončit. Vše nasvědčuje tomu, že nekvalitní fotografie špatně přístupné strany objektu byly natolik nepřesné, že na ně nenavazovaly ostatní strany objektu. Z toho důvodu bylo přistoupeno na druhou možnost vyhotovení digitálního modelu objektu s pořízením nových fotografií.

### **4.3.2 Tvorba digitálního modelu z fotografií pořízených leteckou fotogrammetrií**

Pořízení snímků bylo uskutečněno pomocí vypůjčeného bezpilotního letadla – dronu. Díky této metodě byly zachyceny všechny strany objektu z dostatečné vzdálenosti a dostatečného úhlu. Na rozdíl od první metody vyhodnocování v programu Photomodeler byl použit program Autodesk ReCap.

## **Založení a nastavení projektu**

Po otevření programu je zobrazena nabídka s možností založení nového projektu. Po potvrzení této možnosti, se zobrazí nabídka s nastavením požadovaných parametrů projektu. Nastavení ani výpočet kalibrace není nutný. Potvrzením nastavení je zobrazeno okno s možností nahrání fotografií. Minimální počet fotografií pro vyhotovení snímku je 24.

## **Vyhotovení digitálního modelu**

Pokud jsou všechny fotografie nahrané, je výběr potvrzen a „odeslán“ do paměti softwaru. Zároveň se fotografie posílají na výpočet a převod do digitálního modelu. Stav výpočtu je možné sledovat v okně programu. Program zpracovával 44 fotografií celkem 2 hodiny. Výsledný model je po vyhotovení uložen do založeného projektu a připraven pro další úpravy.

## **Výsledek**

Výsledkem se stává digitální model objektu, jehož měřítko je nutné dodatečně nastavit. Nastavení měřítka se nastavuje vynesemím skutečné délky odměřené v terénu do modelu v digitálním prostředí.





*Obr. č. 17 - Pohled na digitální model Vstupní brány Hradu Veveří (vlastní tvorba, 2019)*

#### **4.3.3 Porovnání software programů při vyhotovení 3D modelu**

Pro tvorbu 3D modelu objektu byl jako první vybrán program Photomodeler. Tento je přímo určen pro práci se snímky, které jsou získány blízkou fotogrammetrií. Při tvorbě je nutné ovládat znalosti softwaru a dokonale ho ovládat. Také je nutné dbát na nastavení kalibračních parametrů a kvalité pořízených fotografií. Označování navazovacích bodů a vlíčovacích bodů by mělo být co nejpřesnější, aby nedocházelo k chybám při výpočtech. Cena licence k programu Photomodeler na jeden rok se pohybuje kolem 4 000,-. K jeho ovládání musí uživatel ovládat znalosti fotogrammetrie, princip transformace a základní fotogrammetrickou terminologii. Také si musí uživatel vyhradit více času na samotnou práci v softwaru.

Vyhotovení 3D modelu v programu Autodesk ReCap bylo v porovnání s první metodou mnohem méně časově náročné. Co se týče vědomostí potřebných k práci v programu ReCap, není nutné, aby byl uživatel vzdělán v oboru fotogrammetrie. Práce v programu je snadná, protože program vytvoří vše potřebné sám. Proto byl i software ReCap zvolen jako druhá varianta. 3D model lze vyhotovit jak odborníkem, tak i laikem. Jedinou nevýhodou softwaru je jeho cena, která je mnohem vyšší než u Photomodeleru. Cena licence Autodesk ReCap PRO se na jeden rok pohybuje kolem 9 000,- Kč. S přihlédnutím na úsporu času a využití širší veřejností, hodnotím tvorbu 3D modelu v softwaru ReCap za jednodušší a výhodnější.

*Tab. č. 8 - Porovnání programů použitých při tvorbě 3D modelu (vlastní tvorba, 2019)*

<b>Název softwaru</b>	<b>Doba zpracování</b>	<b>Odborné znalosti</b>	<b>Cena licence/rok</b>
Photomodeler 8.1	10 hodin	<u>jsou</u> vyžadovány	cca 4 000,- Kč
Autodesk ReCap 360	1 hodina	<u>nejsou</u> vyžadovány	cca 9 000,- Kč

## 5 STAVEBNĚ – TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBJEKTU

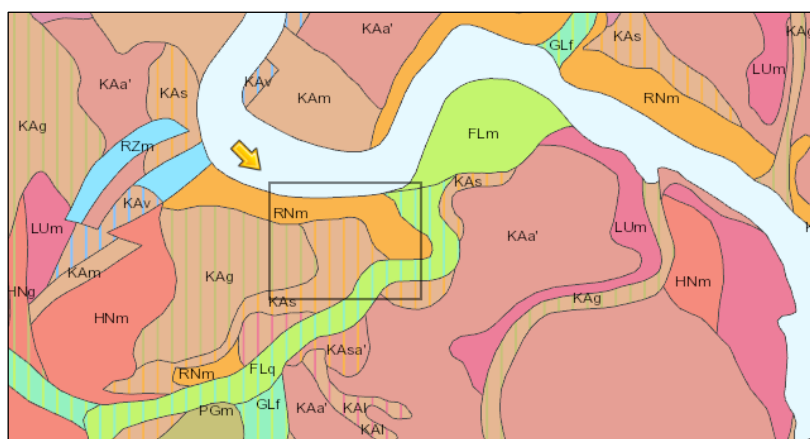
Stavebně – technické posouzení je průzkum objektu za účelem zjištění stavu jeho nosných či nenosných konstrukcí a konstrukčních prvků. Poskytuje analýzu jeho aktuálního stavu a fotodokumentaci pořízenou při místním šetření. Součástí průzkumu je výkresová dokumentace, a to zejména zjednodušené půdorysy všech nadzemních podlaží, situační výkres a zakreslení jednotlivých zjištěných vad a poruch, které jsou blíže charakterizovány v následujících kapitolách.

### 5.1 INŽENÝRSKO – GEOLOGICKÝ PRŮZKUM

Správné provedení inženýrsko geologického průzkumu spočívá v rekognoskaci terénu s odborným dozorem – geologem, vytyčení míst pro vyhloubení průzkumných sond a odběr vzorků, které se posílají k laboratorním průzkumům. Jednotlivé etapy průzkumu nebyly provedeny z důvodu nedostatečné kompetence k provádění zmíněných úkonů.

Pomocí aplikace „geovědní mapy“ od České geologické služby byla zobrazena Geologická mapa v měřítku 1:50 000 a Půdní mapa v měřítku 1:50 000. Na základě geologické mapy bylo zjištěno, že se posuzovaná oblast nachází na granodioritu z brunovistulika, což je předdevonský masiv charakteristický pro východní část Českého masivu a jehož část přímo vystupuje na zemský povrch. Jedná se o nejstarší vulkanické horniny, které jsou v okolí Brna a přímo i ve středu města (Špilberk, Petrov) zastoupeny.

Na základě půdní mapy bylo zjištěno zastoupení půdních typů v měřené lokalitě. Velké zastoupení má lesní půda kambizem rankerová (značka na mapě RNm a KAs) a granodiorit. Oba typy zmíněných půd mají střední až hrubou zrnitost a řadí se do magmatických hornin.



Obr. č. 18 - Půdní mapa s vyobrazenou lokalitou (mapy geology, 2019)

## 5.2 ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Vybudování objektu Jižní brána Hradu Veveří je datováno v 17. století. Tato civilizační epocha spadá do období středověku a z architektonického období do renesance. Nejrozšířenějším typem založení stavby byly základové pasy z kamene (*Rinaldis, 2010*). Základy posuzovaného objektu jsou tvořeny opracovanými kvádry ze sklářského pískovce s vápennou maltou. Podrobnější průzkum nebo hloubku založení nebylo možné určit, protože průzkum objektu nebyl destruktivního charakteru. Vzhledem k typům zastoupených půd se jedná o prosté nehluboké základy, které jsou tvořeny homogenním typem kamenného kvádrů s rozměry asi 500/350/350 mm d/š/v.

Základové konstrukce nebyly v historii nijak opravovány. Na části pískovcových kvádrů, které postupně přechází nad terén a tvoří tak spolu s cihlami podezdívku, je viditelná degradace a uvolňování omítky. Kvádry jsou v přímém styku s okolní zeminou, protože na nich není žádná izolace. I přes všechny zmíněné nedostatky jsou základové konstrukce v zachovalém stavu.

## 5.3 SVISLÉ KONSTRUKCE

Objekt je tvořen pouze cihelným zdívem s vápennou maltou. Tento zděný systém zasahuje do obou podlaží. Jižní strana objektu je tvořena pouze cihelným zdívem bez omítky (*viz Obr. č. 20*). Na ostatních stranách objektu jsou patrné architektonické prvky renesanční doby, ve které byl objekt vybudován. Obzvláště na východní straně je patrná bosáž, což je plastické vyznačení kvádrového zdíva. Nad vstupními vraty, které umožňují průjezd bránou, je metodou sgrafity vyznačen erb Zikmunda z Tiefenbachu a jeho dvou manželek (*viz Obr. č. 19*).

Degradace omítky zdí je patrná zejména v nižších částech v blízkosti terénu. Jelikož není zeď izolována a chráněná od okolních vlivů a zeminy, je za příčinu degradace považována vlhkost a teplotní změna, což na mnoha místech způsobuje opadávání omítky a odkrytí zdíva.

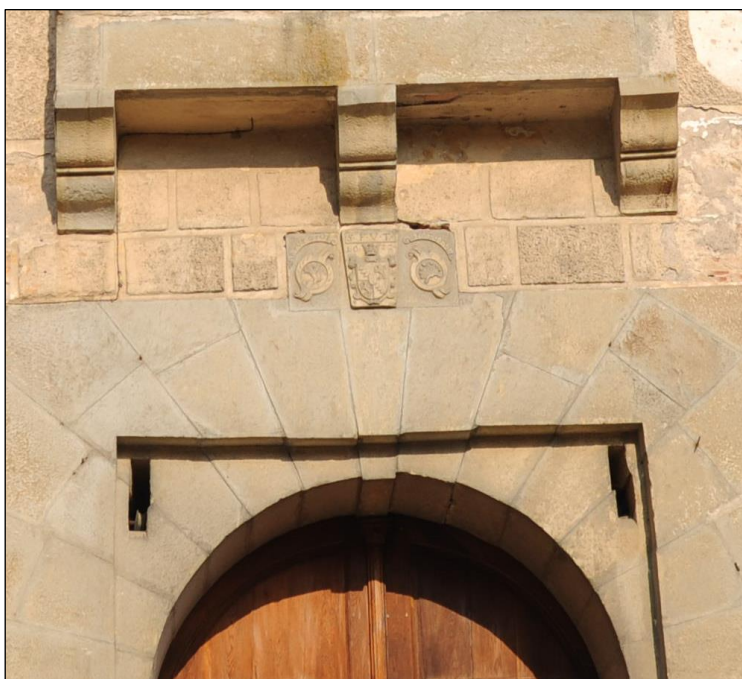
Na východní straně objektu je patrná trhlinka táhnoucí se přes celou zeď. Z toho důvodu je doporučeno sledování trhliny a zaznamenávání případných změn.

Na základě stáří stavby a druhu materiálu, ze kterého je stavba postavena, bych doporučovala detailnější průzkum zdíva, zejména spár mezi cihlami. Přes všechny nedostatky svislých konstrukcí je jejich stav zchovalý, a kromě doporučených opatření není nutné provádět větší zásahy.

Celkem se v 1. NP nachází dvě okna, jejichž výměna započala na podzim roku 2018. V 2. NP je celkem 12 dřevěných špaletových oken. Jejich stav je celkem zchovalý. V podkrovní části objektu je 11 oválných oken, jeden výklenek a vstupní dveře.



*Obr. č. 20 - Pohled na jižní strany objektu (vlastní tvorba, 2019)*



*Obr. č. 19 - Erb Zikmunda z Tiefenbachu (vlastní tvorba, 2019)*

## 5.4 VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Stropní konstrukce v 1. NP je z velké části tvořena valeně klenutým stropem a z menší části jednoduchým trámovým stropem. Valené klenby jsou vyztuženy klenebním pásem ve vzdálenostech od 3,0 m do 4,0 m. Osová vzdálenost dřevěných trámů je v intervalu od 0,5 m do 1,0 m.

Stropní konstrukce v 2. NP je tvořena jednoduchým trámovým stropem s příčným záklopem a zásypem. Osová vzdálenost mezi dřevěnými trámy je v rozmezí od 0,9 m do 1,0 m. Šířka trámů je v intervalu od 0,1 m až 0,25 m.

Dřevěné stropy v 1. NP vykazují obvyklé známky poruch jako jsou viditelné mírné průhyby, suky a trhliny způsobené vysycháním. Dřevěná stropní konstrukce v 2. NP je zcela nová od roku 2000, tudíž se na ní nedají pozorovat žádné viditelné poruchy.



*Obr. č. 21 - Jednoduchý trámový strop 2. NP (vlastní tvorba, 2019)*



## 5.5 KROV, STŘEŠNÍ KRYTINA

Konstrukční řešení je vaznicový krov se stojatou stolicí. Konstrukční prvky obsahují krokve, pozednice, středový podélný trám, vazné trámy, svislé sloupky a vzpěry (viz Obr. č. 23 a č.24). Celý krov i se střechou byl nově vybudován v roce 2000, kdy se původní střecha vlivem dlouhodobého působení klimatických podmínek propadla. Krov se střešní konstrukcí tvoří půdní prostor, který je přístupný pouze po žebříku přiloženém z vnější strany objektu.

Členitá střecha je kombinací sedlové a pultové střechy, po obvodu je krytá vysokou atikou s keramickými bobrovkami. Odvodnění střešní konstrukce je provedeno pomocí střešních vtoků s nástavcem, který skrze atiku a podél jižní strany objektu ústí volně na terén (viz Obr. č. 22).



Obr. č. 24 - Konstrukce krovu (vlastní tvorba, 2019)



Obr. č. 23 - Konstrukce krovu (vlastní tvorba, 2019)

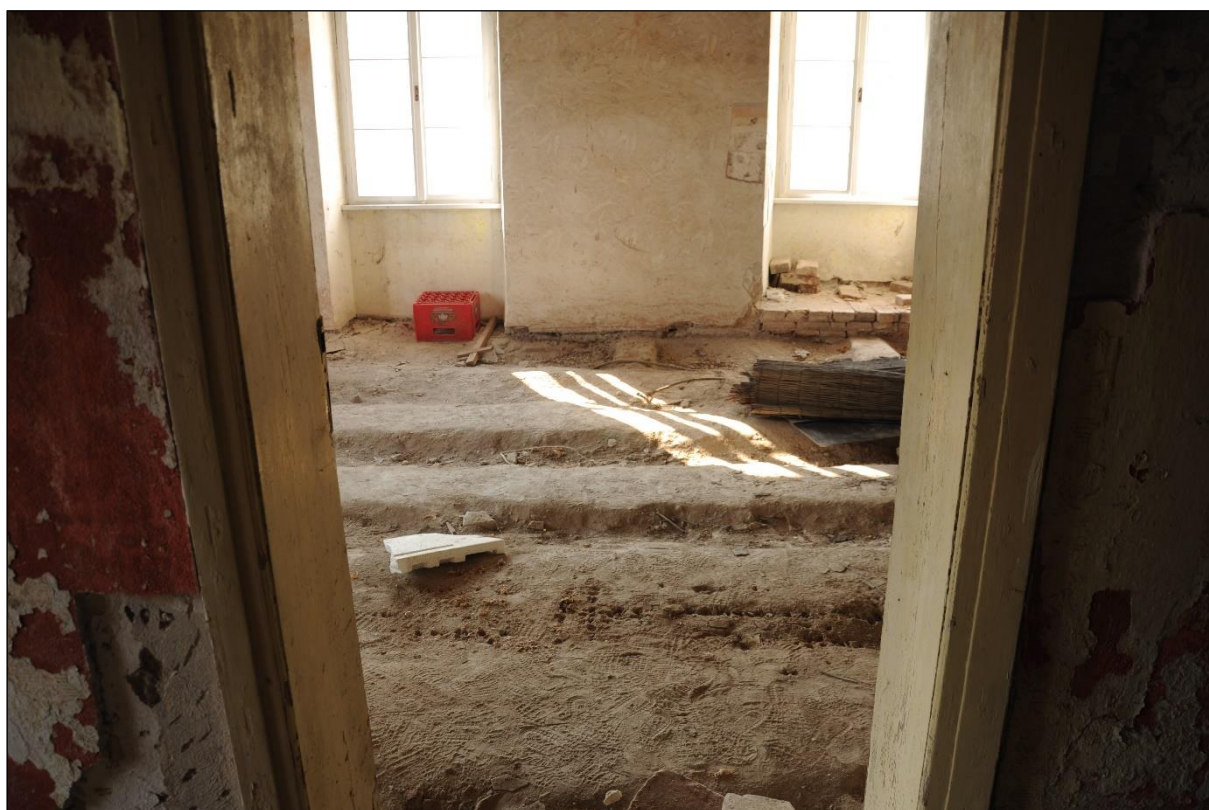


Obr. č. 22 - Střešní konstrukce a odvodnění (vlastní tvorba, 2019)

## 5.6 PODLAHY A POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Až na průjezdovou část (místnost 1.01), která je upravená a tvořená dřevěnou špalíkovou dlažbou, jsou podlahy ve všech místnostech 1. NP původní. V místnostech 1.02 a 1.03 je podlaha s povrchem drceného kamene. V místnostech 1.04 a 1.05 je dusaná hlína, kusy cihel a skály. Většina vnitřních omítek je opadaná a je zřetelné vnitřní cihelné zdivo.

2. NP je tvořeno celkem devíti místnostmi a vstupní halou. Podlahová plocha všech místností je pouze z dusané hlíny (viz Obr. č. 25). Vstupní hala má podlahu tvořenou dlaždicemi. Většina vnitřního zdiva je pokryta původní omítkou, která na více místech odpadá a odhaluje cihelné zdivo.



*Obr. č. 25 - Ukázka podlahy v 2. NP (vlastní tvorba, 2019)*



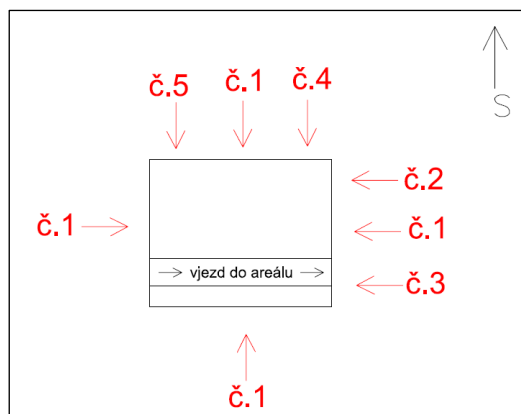
## 6 PLÁN OPRAV

Údržba a péče o památkové budovy by měla být v současné době preventivní. Preventivní péče by měla zajišťovat takový stav památky, aby nebylo nutné do ní zasahovat rozsáhlými rekonstrukcemi nebo renovacemi. Bohužel s omezeným rozpočtem není vždy možné pravidelnou údržbu památek dodržovat, obzvláště pokud se jedná o rozsáhlý komplex více objektů. V takovém případě se upřednostňují ty části komplexu, které jsou permanentně obývané nebo jsou zpřístupněny pro veřejnost.

V případě obnovy nebo údržby památky je nutné brát ohled na její historické a architektonické zařazení, dispoziční uspořádání interiéru a exteriéru a původní stavebně – technické řešení. Mělo by být dohlédnuto na to, aby byly k péči o památku používány prostředky, kterými vznikla, a to s pomocí historických technologií a materiálů. Proto se v dnešní době při obnově památky spíše upřednostňují zásahy typu konzervace a restaurace, tak aby byly zachovány všechny původní autentické části stavby a zároveň byly odstraněny závady a příčiny poruch.

Dodržení autenticity památkové stavby není jediný požadavek při její údržbě nebo obnově. Zacházení s památkovými budovami se musí řídit podle platné legislativy. Žádosti o obnovu památky a podobu projektové dokumentace upravuje §14 odst. 1 až 10, Zákona České národní rady o státní památkové péči č. 20/1987 Sb., novelizovaného zákonem č. 225/2017 Sb. Povolení k restaurování je upraveno v §14a téhož zákona, kde se mimo jiné uvádí, že povolení k restaurování památky uděluje Ministerstvo kultury ČR.

V kapitole níže budou uvedeny zjištěné vady a poruchy na objektu Jižní vstupní brány hradu Veveří. Při místním šetření byla pořízena fotodokumentace, která bude doložena k jednotlivým typům vad a poruch. Každá vada nebo porucha bude popsána, bude zvažována její možná příčina a také bude navržena oprava. Jelikož bylo provedeno posouzení stavebně – technického stavu v celém objektu, bude přehled vad a poruch rozdělen na ty, které se nachází v interiéru a ty, které jsou v exteriéru. Na závěr celé kapitoly bude proveden návrh oprav a vypracován odhad cen.



Obr. č. 26 - Schéma poruch exteriéru (vlastní tvorba, 2019)

## 6.1 EXTERIÉR OBJEKTU – NÁHLED VAD A PORUCH, POSOUZENÍ OPRAV

### Porucha č. 1 – Degradace vnější omítky

Na více částech objektu je vidět opadávání vnější omítky (viz Obr. č. 27, č. 28, č. 30). Nejrozsáhlejší dopad degradace je možné sledovat na jižní straně objektu (viz Obr. č. 29), kde není již skoro žádná původní omítka. Pod opadanou omítkou jsou vidět cihly, které tvoří nosnou svislou konstrukci budovy. Jednou z příčin by mohlo být nedodržení svislosti a rovnosti zděných prvků, nebo také nevyhovující kvalita malty.

Jako opravu bych volila odstranění zbylé uvolněné omítky po celém objektu. Následně uzavřít velké trhliny pružným tmelem a nanesení nové omítky. Nová omítka by měla na svém povrchu odpuzovat vodu a měla by zlepšovat tepelně izolační schopnost celého obvodového zdiva.



Obr. č. 28 - Degradace vnější omítky východní strana objektu (vlastní tvorba, 2019)



Obr. č. 30 - Degradace vnější omítky západní strana objektu (vlastní tvorba, 2019)



Obr. č. 27 - Degradace vnější omítky severní strany objektu (vlastní tvorba, 2019)



Obr. č. 29 - Degradace vnější omítky jižní strany objektu (vlastní tvorba, 2019)

## **Porucha č. 2 – Chybné odvodnění objektu**

Ze situace v terénu je zjevná porucha týkající se chybně provedeného odvodnění objektu. Jak je patrné z obrázku (*viz Obr. č. 31*), tak odvodnění objektu ústí do volného prostoru. Nejen, že je v okolí výše zmíněného odvodnění pouze travnatý povrch, ale tato část objektu se nachází ve svahu. To může způsobovat odtok vody po svahu dolů a hromadění se u vstupní brány objektu. Při větších srážkách může voda zatékat k soklové části a degradovat omítky.

Řešení je napojení svodů na dešťovou kanalizaci nebo sběr a následné využití dešťové vody jako tzv. šedou vodu.



*Obr. č. 31 - Absence napojení odvodnění objektu (vlastní tvorba, 2019)*



### **Porucha č. 3 – Trhlina na východní straně objektu**

Na východní straně objektu v levé části zdi je patrná trhlina, která se táhne od styku nosné zdi se zemí až po atiku objektu. Jelikož se trhlina nachází v blízkosti místa napojení dvou konstrukčních systémů, a to vstupní brány a skleníku, dá se předpokládat, že vlivem tohoto napojení objekt sedá.

Jelikož součástí mé diplomové práce není statické posouzení objektu, jako řešení bych doporučila sledování trhliny, případně zavedení sondy odbornou firmou.



*Obr. č. 32 - Trhlina v obvodovém zdivu (vlastní tvorba, 2019)*

#### **Porucha č. 4 – Degradace spodní části budovy**

Na objektu je patrná degradace omítky ve spodních částech budovy ( viz Obr. č. 33). V některých částech je pod opadanou omítkou vidět cihlové zdivo ve výšce cca 50 cm nad terénem. K postupnému opadávání omítky nejspíše došlo vzlínáním vlhkosti po omítce od úrovně terénu, kam byla omítka přetažena. Vlivem vlhkosti a případně mrazu docházelo k postupné degradaci omítky v této oblasti.

Jako řešení nápravy daného místa se nabízí vytvoření soklu po úroveň rozsahu degradace, a také kontrola funkčnosti zdiva, které nyní po obnažení může taktéž snadno degradovat vlivem slunečního záření či jiných přírodních vlivů.



*Obr. č. 33 - Degradace soklu (vlastní tvorba, 2019)*



#### **Porucha č. 5 – Nedokončená úprava po vnější elektroinstalaci**

Od roku 2000 se začala Jižní brána postupně rekonstruovat. Kromě nového krovu a střechy, byla také do budovy provedena elektroinstalace. Jak je patrné z obrázku (*viz Obr. č. 34*), na severní straně budovy byla nainstalována rozvodná elektrická skříň. Instalace byla úspěšná, zůstala po ní však nedokončená úprava zdiva. Je zjevné, že vybouraná část zdiva byla nahrazena kousky vybouraných cihel a spáry byly zaplněny cementovou směsí.

Jako opravu by bylo vhodné zvolit nové zakrytí rýhy a to tak, aby část obvodového zdivo pod elektrickou skříní plynule pokračovala na vedlejší obvodové zdivo a nevznikaly tak nerovnosti, které by mohly být později příčinou opadávání zdiva a zatékání např. dešťové vody do konstrukce.



*Obr. č. 34 - Úprava vnějšího zdiva po elektroinstalaci (vlastní tvorba, 2019)*

## 6.2 INTERIÉR OBJEKTU – NÁHLED VAD A PORUCH, POSOUZENÍ OPRAV

Na rozdíl od vnějšího pláště budovy, se interiér nachází ve zcela dezolátním stavu. Při posuzování stavu 1. NP bylo zjištěno, že ta část, která slouží pro příchod turistů do komplexu hradu je z části opravena. Nové dveře i se zárubněmi společné s novým dlážděním chodníku působí dojmem, že tato část je na pořadí oprav jako první a je jen otázkou krátké doby, kdy budou opraveny i zdi a strop průchozí chodby.

V 1. NP se nachází celkem 5 místností. Všechny potřebují novou podlahu, vnitřní omítku a okna. V jedné místnosti byla provedena oprava valené klenby a vnitřního zdiva. 2. NP bylo dříve využíváno jako dvě bytové jednotky. Vše, co zůstalo, jsou obvodové zdi s otvory na dveře. V celém nadzemním podlaží je celkem 13 oken. V budoucnosti, dle informací získaných od správců hrady, by mělo toto podlaží sloužit jako cukrárna a kavárna pro návštěvníky hradu.

Před rokem 2000 došlo k propadnutí střechy. Důvodem bylo zatékání do budovy a narušená statika celého objektu. V roce 2000 byl vystaven nový krov i se členitou střechou, která je po obvodu krytá atikou s taškami bobrovkami. Jedná se o kombinaci pultové a sedlové střechy.



*Obr. č. 35 - Pohled na střechu (vlastní tvorba, 2019)*

#### **Porucha č. 6 – Porušení zárubně dveří a absence dvevního prahu**

Zejména v 2. NP se místo dveří nachází pouze otvory ve zdech s porušenými zárubněmi nebo chybějícími dvevními prahy. Hlavní vstup do 2. NP je tvořen dřevěnými dveřmi, taktéž je zde porušen dvevní práh s částí zdiva (viz Obr. č. 37).

Některé porušené otvory ve zdech, ve kterých celkově chybí zárubně, mají problém s udržení zdiva a jsou opatřeny provizorními opěrnými systémy, které tvoří součást překladu (viz Obr. č. 36).

Možnost opravy poruchy dveřních otvorů je náhrada starých zárubní s dvevními prahy a nainstalování nových dveří. S ohledem na historii objektu bych volila dveře dřevěné.



*Obr. č. 37 - Porušení dvevního prahu vchodových dveří 2. NP (vlastní tvorba, 2019)*



*Obr. č. 36 - Provizorní podepření překladu dveří (vlastní tvorba, 2019)*

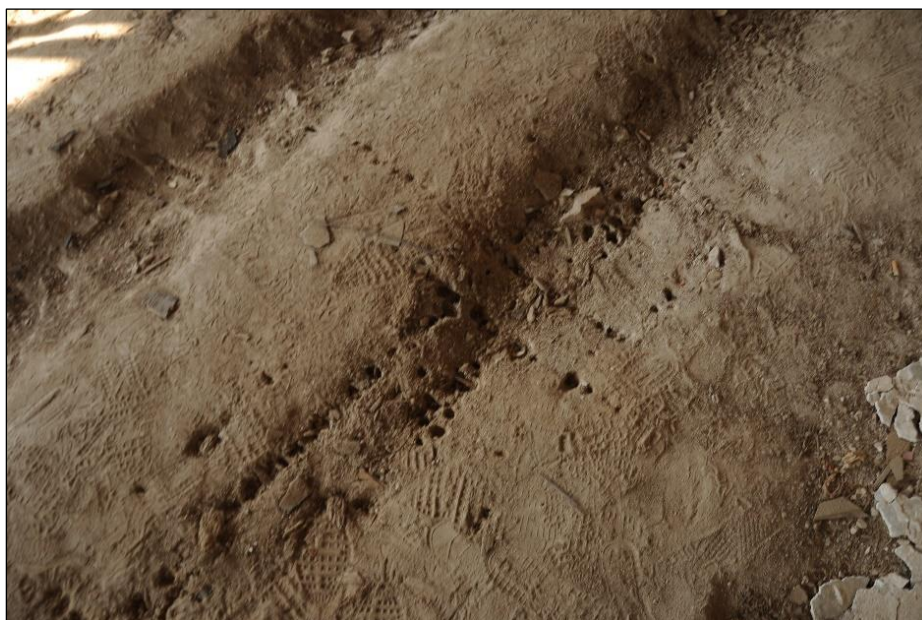


### **Porucha č. 7 – Degradace nášlapné podlahové plochy**

Podlahová plocha je tvořena udusanou hlínou politou betonovou směsí. V mnoha místnostech však betonová směs chybí a viditelná je pouze udusaná hlína často s odkrývajícími stropními konstrukcemi.

K řešení poruchy doporučuji provést detailní mykologický průzkum, odstranění poškozeného dřeva a provedení základního ochranného nátěru dřeva. Jelikož v dřívějších letech došlo k zatékání vody do objektu a zřícení střechy. Je možné, že se voda dostala k nižším podlažím. V případě, že by byly stropní trámy oslabené, je možnost nechat je zpevnit, vyztužit nebo částečně nahradit.

Po důkladném prověření dřevěných trámů by bylo provedeno dovyplnění nerovností podlahy stejným materiálem (hliněnou mazaninou) a zalití betonem.



*Obr. č. 38 - Pohled na podlahu bez nášlapné vrstvy (vlastní tvorba, 2019)*

### **Porucha č. 8 – Degradace vnitřních omítek**

Patrně veliká část vnitřních omítek 1. NP i 2. NP nebyla dochována. Ve všech místnostech se nachází jak místa s opadanou omítkou nebo nejsou zdi omítnuty vůbec. V letech, kdy byla Jižní brána vybudována, se na omítnutí používala vápenná malta. Ta měla vynikající propustné vlastnosti, rychle schla a byla měkká.

Jako řešení poruchy se jeví několik možností. Vápennou omítku ze zdí otlouct, spáry mezi cihlami vyškrabat, pečlivě očistit a nanést novou vrstvu vápenné omítky. Jinou možností je, a to pouze v případě, že místa s chybějící omítkou budou malá, nanést do prázdných míst novou vápennou maltu a zarovnat se stávající. Vzhledem k tomu, že zdivo uvnitř objektu z části omítnuto je a z části není, navrhovala bych kombinaci obou variant opravy s ohledem na stav spár mezi cihlami.



*Obr. č. 39 - Ukázka zdi z velké části bez omítky (vlastní tvorba, 2019)*

### 6.3 VÝSLEDNÝ HARMONOGRAM INVESTIC A OPRAV

Harmonogram je nejjednodušší forma časového modelu pro vyjádření průběhu činností v čase. Pro mou diplomovou práci byl vybrán řádkový harmonogram, který je jednoduchý a velice přehledný. Cílem řádkového harmonogramu je uspořádat jednotlivé opravy objektu a odhadnout požadovanou investici k jejímu uskutečnění. Celkové uspořádání stavebních činností bude odhadováno na dobu v řádu 10 let. Do stavebních činností budou zahrnuty navržené opravy poruch uvedené v předchozích kapitolách, bude brán zřetel na plánovaný záměr s celým objektem (viz Tab. č. 9). Podle poskytnutých informací by měla v 1. NP vzniknout prodejna s upomínkovými předměty a v 2. NP by měla být vybudována cukrárna s kavárnou. Do návrhu provedení jsou zahrnuty základní nutné stavební úpravy pro uvedení objektu do provozuschopného stavu. Přesné náklady mohou být vyčísleny na základě podrobného projektu v souvislosti s účelem užívání a provedených podrobných průzkumů o stavu konstrukcí.

Tab. č. 9 - Přehled zjištěných poruch a navržených stavebních činností pro jejich opravu (vlastní tvorba, 2019)

Název poruchy	Stavební činnost naržena pro opravu
Chybné odvodnění objektu	Vodovod, potrubí, vodovod vnitřní, bez tvarovek (pozinkovaná ocel)
Degradace vnější omítky	Úprava povrchů vnějších, omítky stěn (vápenocementové, z plastických maltovin)
Trhlina na východní straně objektu	
Degradace spodní části budovy	
Nedokončená úprava po vnější elektroinstalaci	
Porušení zárubně dveří a absence dveřního prahu	Konstrukce truhlářské, výplně otvorů, okna (plocha přes 1,0 m <sup>2</sup> do 2,0 m <sup>2</sup> )
	Konstrukce truhlářské, výplně otvorů, okna (plocha přes 3,0 m <sup>2</sup> do 4,0 m <sup>2</sup> )
Degradace nášlapné podlahové plochy	Podlahy a podlahové konstrukce, mazaniny betonové (C 8/10)
	Podlahy z dlaždic, nášlapné plochy
Degradace vnitřních omítek	Úprava povrchů vnitřních, omítky stropů (vápenocementové, vápenné - ručně)
	Dokončovací práce, malby povrchů (vápenné)
Ostatní opravy spojené s plánovaným využitím prostorů objektu	Elektrozařízení, hrubá montáž, pro slaboproud i silnoproud
	Elektrozařízení, kompletace silových zařízení, mimo osvětlení
	Elektrozařízení, kompletace silových zařízení, osvětlení

Tab. č. 10 - Přehled stavebních činností s odhadovanými cenami (vlastní tvorba, 2019)

Název činnosti	Popis činnosti	Jednotka	Množství	RTS agregované ceny (zaokrouhleno)	Vypočtená cena
Projektová činnost	Zprostředkování průzkumů a zaměření, zpracování studie, dokumentace provádění stavby		1,0		175 000 Kč
Vnější omítka + sokl	Oprava vnějších omítek	m <sup>2</sup>	571,7	1 500 Kč	857 579 Kč
	Očistění a nátěr	m <sup>2</sup>	78,8	800 Kč	63 032 Kč
Vodovod vnitřní	Vodovod, potrubí, vodovod vnitřní, bez tvarovek (pozinkovaná ocel)	m	20,0	1 000 Kč	20 000 Kč
Silnoproud vodiče	Elektrozařízení, hrubá montáž, pro slaboproud i silnoproud	m	50,0	20 000 Kč	1 000 000 Kč
Vnitřní omítky	Oprava vnitřních omítek stěn	m <sup>2</sup>	580,0	700 Kč	406 000 Kč
	Oprava vnitřních omítek stropů	m <sup>2</sup>	476,0	800 Kč	380 800 Kč
Malba	Dokončovací práce, malby povrchů (vápenné)	m <sup>2</sup>	580,0	100 Kč	58 000 Kč
Podlaha	Podlahy a podlahové konstrukce, mazaniny betonové (C 8/10)	m <sup>3</sup>	51,0	5 000 Kč	254 900 Kč
	Podlahy z dlaždic, nášlapné plochy	m <sup>2</sup>	161,0	1 000 Kč	161 000 Kč
Silnoproud kompletace	Elektrozařízení, kompletace silových zařízení, mimo osvětlení (spínače, jističe, zásuvky)	ks	10,0	10 000 Kč	100 000 Kč
	Elektrozařízení, kompletace silových zařízení, osvětlení (zářivková zařízení)	ks	2,0	1 500 Kč	3 000 Kč
	Elektrozařízení, kompletace silových zařízení, osvětlení (výbojková zařízení)	ks	5,0	6 000 Kč	30 000 Kč
Okna, dveře	Konstrukce truhlářské, výplně otvorů, okna (plocha přes 1,0 m2 do 2,0 m2)	ks	13,0	11 000 Kč	143 000 Kč
	Konstrukce truhlářské, výplně otvorů, okna (plocha přes 3,0 m2 do 4,0 m2)	ks	5,0	20 000 Kč	100 000 Kč
<b>Celková cena</b>		mezisoučet bez projektu			3 577 311 Kč
<b>VRN 5%</b>					178 866 Kč
<b>Rezerva 15%</b>					536 597 Kč
<b>Celkem</b>					<b>4 467 773 Kč</b>

Všechny odhady cen vychází z agregovaných položek cenové soustavy RTS DATA, která tvoří ucelený soubor pravidel, podkladů a metodických pokynů. V cenové soustavě jsou zahrnuty i základní technické informace, které specifikují podmínky použití stavebních a montážních položek. Tyto informace jsou obsaženy v jednotlivých cenících Cenové soustavy RTS DATA, včetně podmínek pro stanovení jednotkové ceny práce nebo materiálu.

Agregované položky hlavní stavební výroby obsahují položky, které vedou ke zřízení, bourání, podchycování nebo opravě konstrukce. Ceník obsahuje položky stavebních prací pro stanovení cen běžně používaných konstrukcí a prací na těchto objektech jako jsou budovy občanské výstavby, budovy pro bydlení atd. Výsledný odhad ceny za vybrané stavební ceny je pouze orientační a jsou zde zahrnuty především ty stavební práce, které jsou nezbytně nutné pro další užívání objektu.

*„Cena agregované položky je tvořena součtem cen položek v ní obsažených s použitím jednotkového množství. Pod každou položkou je uveden rozbor ceny podle kalkulačního vzorce, kde jsou uvedeny jednotlivé typy nákladů podílející se na tvorbě ceny. Toto členění umožňuje operativní přepočet ceny při jiných konkrétních podmínkách, než za jakých byla cena sestavena. Ceny, uvedené v tomto ceníku, mají pouze orientační charakter.“ (RTS DATA, 2019)*

V jednotlivých položkách ceníku jsou započteny i náklady na vynechání rýh, průduchů nebo prostupů, očištění jiných konstrukcí nebo jejich zakrytí, technologickou manipulaci s materiálem v pracovním prostoru, Vnitrostaveništní přesun hmot z místa skládky do prostoru technologické manipulace, pracovní o výšce podlahy do 1,90 m a pořízení materiálu s případným skladováním.

Při plánování oprav je nutné brát ohled na právní úpravu ohledně památkové budovy a možnosti financování. Z toho důvodu bylo navrženo rozvolnění období stavebních prací na 10 let od roku 2019 do roku 2029.

V tabulce č. 10 jsou uvedeny všechny stavební činnosti, které byly vybrány pro celkovou opravu objektu. Sousednost činností je zároveň uspořádána podle návaznosti jednotlivých prací v průběhu stanovené doby, a to na 10 let. V tabulce jsou obsaženy informace o jednotce, množství a odhadnuté ceně dané stavební činnosti. Tyto údaje byly zjištěny z portálu RTS DATA jako „orientační ceny agregovaných položek“ za 1. čtvrtletí roku 2019. Následující informace jako jsou množství, výměra, objem a plocha byly vypočítány z naměřených délek nebo odvozeny z 3D modelu objektu. Celková odhadnutá cena za stavební činnost je výsledkem součinu jednotkové ceny a množství. K závěru tabulky je umístěn výsledný odhad ceny za všechny stavební činnosti, ve kterém není započítána daň z přidané hodnoty, a to z důvodu časového rozložení všech stavebních prací na delší dobu dopředu. Výsledná odhadnutá cena opravy Jižní brány Hradu Veveří je 4 500 000,- Kč. K ceně je připočítána rezerva 15 % na každou stavební činnost z důvodu neúplného zahrnutí všech potřebných nákladů spojených s opravou objektu, např. statické průzkumy konstrukcí, které jsou doporučovány. Dále je k ceně připočítán odhad za vedlejší rozpočtové náklady (dále jen VRN), např. náklady spojené s realizací stavby, které nelze vztáhnout k jednotlivým konstrukcím. VRN připočtené k odhadnuté ceně činí 5 % z celkové výsledné hodnoty.

Celková cena za projektovou činnost byla vypočítána pomocí aktuálního sazebníku cen za projekt pro rok 2019. Po nastavení vstupních údajů a volbě požadovaných úkonů projektanta a inženýra je cena odhadnuta na 175 000,- Kč bez DPH.

Jako první stavební činnost byla vybrána oprava vnější omítky objektu spolu s prvky charakteristickými pro renesanční architekturu. Bosáž a sgrafito budou vytvořeny z plastických maltovin, aby byla zachován jejich tvar a autenticita. Zbytek vnější omítky bude vytvořen pomocí vápenocementové malty, která byla navržena i jako ochrana proti vlhkosti. Jednotlivé výměry všech vnějších svislých zdí objektu byly vypočítány jako součin celkové výšky a šířky stěny, od kterého byly odečteny plochy oken a dveří. Do položky je zahrnuto otlučení vnějších omítek stěn s vyškrabáním spár, očištěním zdiva a montáže, demontáže a měsíčního nájmu lešení. Celková odhadnutá cena za opravu vnější fasády je po zaokrouhlení 1 000 000,- Kč.

Po venkovní stavební činnosti byla navržena instalace vnitřního vodovodu. Jelikož je při návrhu oprav počítáno s budoucím provozem kavárny a cukrárny, je nezbytné, aby byl v objektu vodovodní potrubí. Délka vodovodního potrubí byla stanovena na 20 m v závislosti na výšce nejvyššího podlaží a přidáním rezervy. Odhadnutá cena za instalaci vodovodního potrubí po zaokrouhlení je 20 000,- Kč.

Při provozu kavárny a cukrárny je nutné, aby se v objektu nacházela i elektřina. Jelikož byla rozvodná skříň již nainstalována, je kalkulováno s vedením silnoproudu i slaboproudu napříč objektem. Odhadnutá cena za instalaci elektrozařízení po zaokrouhlení je 1 000 000,- Kč.

Vnitřní omítky je nutné navrhnout do každé místnosti v obou nadzemních podlaží. Byly zvoleny dva druhy, a to vápenocementové, které budou použity do 1. NP a vápenné, které budou použity do 2. NP. Spolu s opravou vnitřních omítek je navržena i oprava stropu, a to zejména v 1. NP. Výměry pro určení ceny za stavební činnost byly určeny jako součin obvodové délky zdí s výškou vynásobený jednotkovou cenou. Pro omítnutí stropu byla použita výměra místnosti. Odhadnutá cena za tyto dvě stavební práce je po zaokrouhlení 790 000,- Kč.

Po dokončení omítek byla navržena malba zdí. Pro výmalbu byly zvoleny všechny místnosti 2. NP, a to z důvodu budoucího využití pro veřejnost. Také byla vybrána jedna místnost z 1. NP. Je to místnost, která by měla v budoucnu sloužit jako prodejna upomínkových předmětů. Odhadnutá cena malby zdí některých místností je po zaokrouhlení 60 000,- Kč.

Zejména v 2. NP je nutné vyrovnat podlahu a vylít propadlé obzvláště nerovná místa betonovou směsí. Pro tyto účely byl zvolen litý podlahový beton. Následně jsou v místnostech 2.02, 2.03, 2.07, 2.08 navrženy podlahy z dlaždic z důvodu budoucích plánů s 2. NP. Odhadnutá cena za úpravu podlah je po zaokrouhlení 420 000,- Kč.

V téměř dokončeném objektu budou na závěr zkompletována elektrická zařízení, a to zejména spínače, jističe, zásuvky a příprava pro osvětlení. Tato činnost je po zaokrouhlení odhadnuta na 420 000,- Kč.

Na závěr budou ve všech místnostech vyměněna okna a osazeny dveře. Odhadnutá cena za výměnu všech oken a instalaci nových dveří je po zaokrouhlení 376 000,- Kč.

Po kalkulaci vybraných stavebních činností byly tyto práce seřazeny do řádkového harmonogramu. Časová linie je rozdělena po letech na období celkem deseti let. Jelikož je investování opravy památkové budovy obtížné, byl za nákladnějšími opravami ponechána časová rezerva min. jednoho roku (*viz Tab. č. 11*)

Tab. č. 11 - Ukázka řádkového harmonogramu (vlastní tvorba, 2019)

Činnost	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Projektová činnost	175 000 Kč										
Úprava povrchů vnějších, omítky stěn (vápenocementové)		1 000 000 Kč									
Úprava povrchů vnějších, omítky stěn (z plastických maltovin)											
Vodovod, potrubí, vodovod vnitřní, bez tvarovek (pozinkovaná ocel)				1 020 000 Kč							
Elektrozařízení, hrubá montáž, pro slaboproud i silnoproud											
Úprava povrchů vnitřních, omítky stropů (vápenocementové - ručně)					790 000 Kč						
Úprava povrchů vnitřních, omítky stropů (vápené - ručně)											
Dokončovací práce, malby povrchů (vápenné)							60 000 Kč				
Podlahy a podlahové konstrukce, mazaniny betonové (C 8/10)								420 000 Kč			
Podlahy z dlaždic, náslapné plochy											
Elektrozařízení, kompletace silových zařízení, mimo osvětlení										376 000 Kč	
Elektrozařízení, kompletace silových zařízení, osvětlení											
Konstrukce truhlářské, výplně otvorů, okna (plocha přes 1,0 m2 do 2,0 m2)											
Konstrukce truhlářské, výplně otvorů, okna (plocha přes 3,0 m2 do 4,0 m2)											



## 7 POSOUZENÍ VÝSLEDKŮ

Stěžejním výsledkem mé diplomové práce je pasportizace památkové budovy. Pasportizace budovy je posouzení stavebně – technického stavu vybraného objektu. Dílčími úlohami pro vyhotovení přehledné a úplné pasportizaci je stavebně – technický průzkum objektu, provedení fotodokumentace a dokumentace půdorysů. Jednotlivé úlohy spolu úzce souvisí a jejich vyhotovení na sebe navazuje. Pro vyhotovení fotodokumentace je potřeba místního šetření. Při místním šetření jsou pomocí vybraných metod změřeny oměrné míry objektu a zaznamenán stav všech konstrukcí a konstrukčních prvků. Jednou z vybraných metod je metoda fotogrammetrie. Fotogrammetrická metoda poskytuje důležité informace, které slouží pro tvorbu prostorového modelu objektu. Prostorový model objektu neboli 3D model, je základním prvkem elektronické verze pasportizace, která se stává mnohem více žádaná a populární. Z toho důvodu byl zahrnut do hlavních cíle mé diplomové práce a tvoří nedílnou součást výsledků měření.

### 7.1 MĚŘICKÁ ČÁST

Do měřické části bylo zahrnuto měření v terénu pomocí laserového dálkoměru, totální stanice a pořízení digitálních snímků pro vyhotovení 3D modelu objektu pomocí digitálního fotoaparátu a dronu.

Jedním z výsledků měřické části jsou naměřené délky, které byly použity pro vyhotovení půdorysných výkresů jednotlivých nadzemních podlaží. Vše bylo vyhotovováno v software programu Microstation PowerDraft. Výkresy půdorysů tvoří samostatnou přílohu diplomové práce. Slouží jako přehledné schéma situace a jednotlivých konstrukčních prvků.

*Tab. č. 12 - Porovnání přesnosti měřených délek (vlastní tvorba, 2019)*

Metoda měření délek	Doba měření	Potřebné přístroje	Výsledná přesnost na 30 m
pomocí ručního laser. dálkoměru	10 hodin	dálkoměr	±1,5 mm
pomocí totální stanice	8 hodin	totální stanice	±2 mm
z digitálního modelu	1 hodina	digitální kamera	±100 mm

Dalším výsledkem měřické části je 3D model objektu. Při vyhotovování modelu byly použity dva výpočetní programy. Byly vybrány programy, ve kterých se vyhotovení 3D modelu zcela odlišuje. První z programů byl zvolen Photomodeler. Tento software pracuje na základně nastavených parametrů uživatelem a pro práci s ním jsou vyžadovány odborné znalosti v oboru fotogrammetrie a prostorové orientaci.



Druhý program byl vybrán pro širší veřejnost. Jedná se o software ReCap od společnosti Autodesk. Tvorba 3D modelu je velice jednoduchá, rychlá a efektivní. Jedinou nutností se stává pouze pořízení kvalitních fotografií, ze kterých model vzniká. Vzhledem k nepřístupné jedné straně objektu, byla zvolena metoda sběru digitálních snímků pomocí bezpilotního letounu – dronu. Software ReCap je nepochybně nejlepší variantou pro vyhotovení modelu z digitálních fotografií jejichž vzdálenost od objektu není konstantní a úhel fotografování se mění. Výsledné porovnání obou použitých programů poukazuje na to, že Photomodeler je cenově dostupnější, na druhou stranu software ReCap je sice finančně nákladnější, ale je lehce ovladatelný a může ho pro svou práci využít kdokoli.

Výsledný 3D model tvoří samostatnou přílohu na disku. Jedná se o video záznam pořízený přímo programem ReCap, který model zachycuje ze všech stran a z různých vzdáleností.

*Tab. č. 13 - Porovnání dvou software programů použitých při tvorbě 3D modelu (vlastní tvorba, 2019)*

Název softwaru	Doba zpracování	Odborné znalosti	Cena licence/rok
Photomodeler 8.1	10 hodin	<u>jsou</u> vyžadovány	cca 4 000,- Kč
Autodesk ReCap 360	1 hodina	<u>nejsou</u> vyžadovány	cca 9 000,- Kč

## 7.2 STAVEBNĚ – TECHNICKÝ PRŮZKUM

Při místním šetření, které bylo provedeno na podzim roku 2019, byl posuzován stavebně – technický stav jednotlivých konstrukcí a konstrukčních prvků objektu. Posuzovány byly zejména základové konstrukce, svislé konstrukce, vodorovné konstrukce, krov, střecha, podlahy a povrchové úpravy. Posouzení konstrukcí předcházelo zjednodušený inženýrsko – geologický průzkum, pomocí kterého bylo zjištěno podloží a půdní typy nacházející se v blízké oblasti objektu.

S přihlédnutím ke stáří objektu a nepravdělné údržbě, lze konstatovat, že některé konstrukce jsou v zchátralém stavu. Jedná se o základové a svislé konstrukce. Ostatní konstrukce jsou ve stavu horším. I přes stav, který je znám, jsou opravy závislé na získání dotací a financování Státním památkovým úřadem. Jižní brána Hradu Veverí je v dnešní době veřejností využívána pouze jako jeden ze dvou hlavních vchodů do komplexu hradu. Dle budoucích plánů je 2. NP navrhováno jako cukrárna a kavárna pro návštěvníky hradu. Bude-li se chtít Státní památkový úřad držet plánů, je oprava objektu nezbytná a nevyhnutelná.

Všechny digitální fotografie vyfocené při posuzování stavebně – technického stavu objektu jsou umístěné jako příloha na disku.

### 7.3 PLÁN OPRAV, ČASOVÝ HARMONOGRAM A KALKULACE

Po stavebně – technickém posouzení objektu byl vytvořen přehled zásadních vad a poruch. Celkem bylo evidováno 8 poruch, které jsou na objektu zjevné. Každá porucha byla na základě získaných informací vysvětlena a byla navržena její oprava.

Tab. Č. 14 - Přehled poruch s návrhem opravy (vlastní tvorba, 2019)

Číslo	Název poruchy	Navrhnutá oprava
1	degradace vnější omítky	odstranění zbylé uvolněné omítky po celém objektu, uzavření velké trhliny pružným tmelem a nanesení nové omítky
2	chybné odvodnění objektu	napojení svodů na dešťovou kanalizaci nebo sběr a následné využití dešťové vody jako tzv. šedou vodu
3	trhlina na východní straně objektu	sledování trhliny, případně zavedení sondy
4	degradace spodní části budovy	vytvoření soklu po úroveň hydroizolačních pásů a také kontrola funkčnosti hydroizolace, která nyní po obnažení může taktéž snadno degradovat vlivem slunečního záření či jiným přírodním vlivům
5	nedokončená úprava po vnější elektroinstalaci	nové zakrytí rýhy a to tak, aby část obvodového zdivo pod elektrickou skříní plynule pokračovala na vedlejší obvodové zdivo a nevznikaly tak nerovnosti, které by mohly být později příčinou opadávání zdiva a zatékání např. dešťové vody do konstrukce
6	porušení zárubně dveří a absence dveřního prahu	náhrada starých zárubní s dveřními prahy a nainstalování nových dveří, s ohledem na historii objektu by to byly dřevěné dveře
7	degradace nášlapné podlahové plochy	provést detailní mykologický průzkum, odstranění poškozeného dřeva a provedení základního ochranného nátěru dřeva, jelikož v dřívějších letech došlo k zatékání vody do objektu a zřícení střechy, je možné že se voda dostala k nižším podlažím, v případě, že by byly stropní trámy oslabené, je možnost nechat je zpevnit, vyztužit nebo částečně nahradit
8	degradace vnitřních omítek	Vápennou omítku ze zdí otlouct, spáry mezi cihlami vyškrabat, pečlivě očistit a nanést novou vrstvu vápenné omítky, jinou možností je, a to pouze v případě, že místa s chybějící omítkou budou malá, nanést do prázdných míst novou vápennou maltu a zarovnat se stávající, vzhledem k tomu, že zdivo uvnitř objektu z části omítnuto je a z části není, navrhovala bych kombinaci obou variant opravy s ohledem na stav spár mezi cihlami

V části věnované odhadu ceny navržených oprav a plánu oprav byl vytvořen řádkový harmonogram. Harmonogram obsahuje po sobě jdoucí stavební činnosti, které jsou navrženy na dobu následujících deseti let. Součástí je i přehledná tabulka, která je tvořena výpočetní částí a přehledem výsledných odhadnutých cen jednotlivých stavebních prací. Stavební práce byly navrženy tak, aby pokryly doporučené opravy poruch a zároveň přichystaly objekt na budoucí plány, a to provozovnu prodejny upomínkových předmětů, kavárny a cukrárny.

Všechny odhady cen vychází z agregovaných položek cenové soustavy RTS DATA, která tvoří ucelený soubor pravidel, podkladů a metodických pokynů. V cenové soustavě jsou zahrnuty i základní technické informace, které specifikují podmínky použití stavebních a montážních položek.

Agregované položky hlavní stavební výroby obsahují položky, které vedou ke zřízení, bourání, podchycování nebo opravě konstrukce. Ceník obsahuje položky stavebních prací pro stanovení cen běžně používaných konstrukcí a prací na těchto objektech jako jsou budovy občanské výstavby, budovy pro bydlení atd. Výsledný odhad ceny za vybrané stavební ceny je pouze orientační a jsou zde zahrnuty především ty stavební práce, které jsou nezbytně nutné pro další užívání objektu.

V tabulce č. 15 jsou uvedeny všechny stavební činnosti, které byly vybrány pro celkovou opravu objektu. Sousednost činností je uspořádána podle návaznosti jednotlivých prací v průběhu stanovené doby, a to na 10 let. Ceny byly odhadnuty na základě údajů zjištěných z portálu RTS DATA jako „orientační ceny agregovaných položek“ za 1. čtvrtletí roku 2019. K odhadu ceny byly použity výměry a objemy vypočítány z naměřených délek nebo odvozeny z 3D modelu objektu. Celková odhadnutá cena za stavební činnost je výsledkem součinu jednotkové ceny a množství.

K závěru tabulky č. 15 je umístěn výsledný odhad ceny za všechny stavební činnosti, ve kterém není započítána daň z přidané hodnoty, a to z důvodu časového rozložení všech stavebních prací na delší dobu dopředu. Výsledná odhadnutá cena opravy Jižní brány Hradu Veveří je 4 500 000,- Kč. K ceně je připočítána rezerva 15 % na každou stavební činnost z důvodu neúplného zahrnutí všech potřebných nákladů spojených s opravou objektu, např. statické průzkumy konstrukcí, které jsou doporučovány. Dále je k ceně připočítán odhad za vedlejší rozpočtové náklady, např. náklady spojené s realizací stavby, které nelze vztáhnout k jednotlivým konstrukcím. VRN připočtené k odhadnuté ceně činí 5 % z celkové výsledné hodnoty.

Tab. č. 15 - Přehled stavebních činností s odhadnutou cenou (vlastní tvorba, 2019)

Název činnosti	Odhadnutá cena
Projektová činnost	175 000 Kč
Vnější omítka + sokl	920 611 Kč
Vodovod vnitřní	20 000 Kč
Silnoproud vodiče	1 000 000 Kč
Vnitřní omítky	786 800 Kč
Malba	58 000 Kč
Podlaha	415 900 Kč
Silnoproud kompletace	133 000 Kč
Okna, dveře	243 000 Kč
<b>Celková cena</b>	<b>3 577 311 Kč</b>
<b>VRN 5%</b>	<b>178 866 Kč</b>
<b>Rezerva 15%</b>	<b>536 597 Kč</b>
<b>Celkem</b>	<b>4 467 773 Kč</b>

## 8 DISKUSE

Provedení pasportizace budovy klasickým způsobem je datováno od chvíle, kdy začal člověk vlastnit nemovitý majetek. Za účelem správy majetku, prodloužení jeho životnosti a užitku z něj, byli lidé nuceni přemýšlet o nemovitém majetku jako o aktivu. Jedním z klíčových nástrojů při správě nemovitostí a jejich údržbě se stal proces pasportizace. Tento proces je nositelem veškerých informací o stavebně – technickém stavu všech nemovitých věcí (viz *Kapitola 3.1 Pasportizace budovy*).

S technickým vývojem přístrojů a s přibývajícími informacemi o digitalizaci stavebnictví roste i potřeba zvyšování produktivity práce. Jedna z cest ke zvýšení produktivity je právě digitalizace, kterou stavebnictví v porovnání s jinými obory využívá velmi málo. Z toho důvodu je nutné neustále vynalézat nové metody zjednodušení a zefektivnění dokumentace o celém životním cyklu stavby.

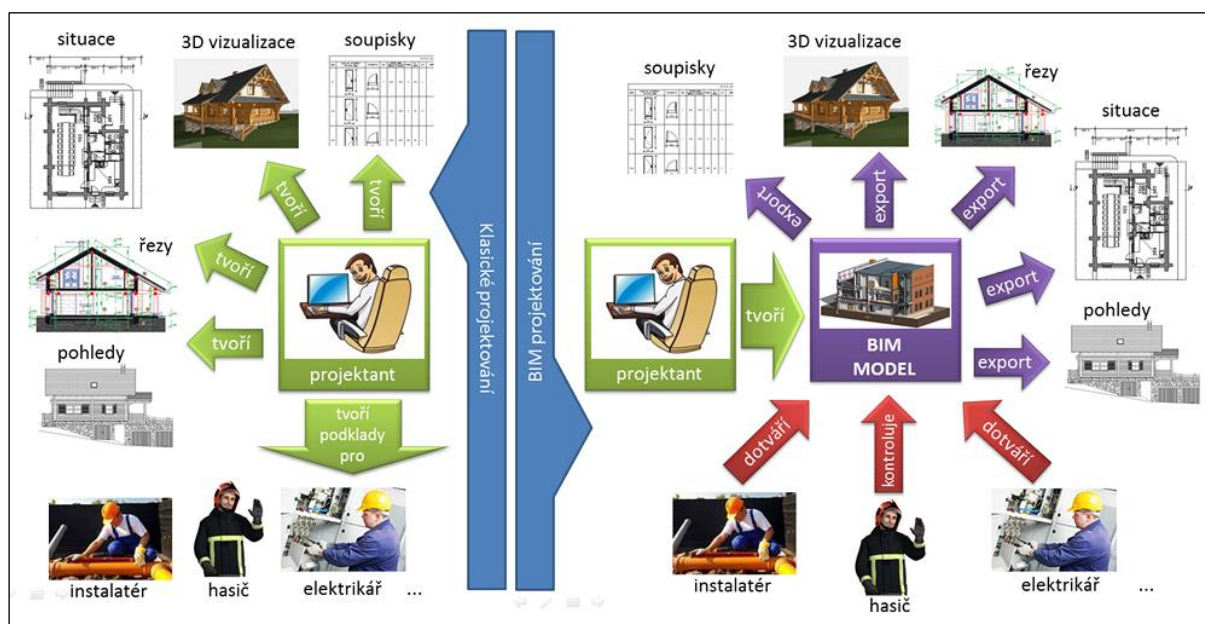
Rozvoj digitalizace dokládá nejen rostoucí počet připravovaných i realizovaných projektů, ale i přijaté usnesení vlády ČR č. 682 z 25. září 2017 o koncepci zavádění metod s využitím digitalizace ČR. Jak už bylo v předchozích kapitolách napsáno, fotogrammetrie je metoda, díky které je v dnešní době možné vyrobit digitální 3D model čehokoli. Má práce je zaměřena na vytvoření digitálního modelu části památkové budovy za účelem zjednodušení evidence aktuálního stavebně – technického stavu této stavby. Jelikož je digitální model tvořen prostorově orientovanými body, je efektivní využít tuto skutečnost i při měření některých vzdáleností či oměrných délek přímo z modelu.

Geometrický 3D model stavby zachycuje geometrii konstrukce a tvar stavby modelovaný ze základních prvků a kostru, na jejíž prvky jsou připojeny popisné informace. Tato jednoznačná informační lokace odstraňuje hledání informací v další dokumentaci, ve specifikacích a výkazech, zrychluje a zpřesňuje tak práci.

Digitální model vytvořený v mé diplomové práci plně vystihuje tvar Jižní brány Hradu Veveří. Je do něj vložena informace o měřítku, tak aby bylo možné určit délku nebo vzdálenost jakýchkoli konstrukcí na něm umístěných. Zrychluje tak práci při výpočtech výměr, plochy nebo objemů.

Digitální model objektu se dá považovat za základní prvek BIM modelu, který obsahuje strukturované, přesné a stále aktualizované projektové informace umístěné na dostupném místě. Snahou mé diplomové práce bylo vytvořit evidenci všech důležitých informací o vybraném objektu. Objekt byl zaměřen, vyfotografován a byl o něm vytvořen přehled jeho stavebně – technického stavu. Výsledek mé diplomové práce je velice podobný dnes nazývanému BIM modelu. Výhodou je časová úspornost a dostupnost potřebných prostředků. Stejně jako BIM model obsahuje několik druhů výkresů a podrobný přehled poruch nalezených při průzkumu objektu. Jako užitečná informace se dá považovat odhad ceny oprav zmiňovaných poruch, který je součástí ucelených informací o objektu. Tento odhad může posloužit správcům Hradu Veveří jako podklad pro případné budoucí opravy objektu.

Zjednodušení vedení evidence o stavebním objektu je bezpochyby hlavní charakteristikou BIM modelu. Pro porovnání dřívější metody vyhodnocení a metody, která se čím dál více využívá slouží Obr. č. 40. Z obrázku je patrné, že k dokonalosti BIM modelu přispívají informace nejen ze strany projektanta, ale i jiných profesí, např. instalatér, hasič nebo elektrikář. Shromažďování těchto všech informací sice zjednoduší budoucí manipulaci s údaji, ovšem je určitě časově náročné. V mojí diplomové práci jsem vytvořila náhled na velice podobnou situaci, ovšem s větší úsporou času a téměř stejnými údaji o stavbě.



Obr. č. 40 - Srovnání BIM modelu s klasickým projektem (Henek, 2014)

## 9 ZÁVĚR

Diplomová práce teoreticky a prakticky popisuje vyhotovení pasportizace památkové budovy Jižní brány Hradu Veveří s využitím fotogrammetrické metody. Pasportizací se rozumí podání informací o stavebně – technickém stavu daného objektu. Se stavebně – technickým průzkumem se zároveň vyhotovuje i přehled vad a poruch a návrh jejich oprav. Pomocí fotogrammetrie je vyhotoven 3D model objektu.

Diplomová práce je rozdělena na několik částí, tak aby poskytovala informace o dané problematice, pohled na práci v terénu a výslednou tvorbu modelu. V první části práce je literární rešerše, která poskytuje souhrn odborné literatury s podobnou tematikou jako moje diplomová práce.

Další část je věnována teoretickému základu k pochopení dané problematiky. Charakterizovány jsou jednotlivé vědní obory, o které se opírá celá práce. Teoretická kapitola definuje pojmy pasportizace a odpovídající náležitosti. Jelikož je předmětem vyhotovení pasportizace památková budova, je teoreticky popsána i legislativa s ní spojená. Na závěr teoretické části je vysvětlen princip metody fotogrammetrie a její základní rozdělení.

Praktická kapitola se skládá z úkolů prováděných v terénu, jako jsou měřické práce a fotodokumentace. Úvodní část této kapitoly je věnována jednotlivým měřickým metodám, jsou zde popsány přístroje, se kterými bylo měřeno a vyhotoven postup při vyhodnocování naměřených údajů. Na základě dosažených výsledků byl vytvořen 3D model objektu, který byl využit pro stavebně – technickou část praktické kapitoly. Stavebně – technickým průzkumem byl zjištěn aktuální stav jednotlivých konstrukcí a konstrukčních prvků. Po vyhotovení přehledu informací o stavu konstrukcí byly popsány zjištěné vady a poruchy. U každé zjištěné poruchy byla uvedena její možná příčina a doporučená oprava. Na závěr kapitoly byl zhotoven přehledný řádkový harmonogram stavebních činností. Výměry byly vypočítány pomocí délek konstrukcí odměřených z 3D modelu. Následně byly výměry použity pro výpočet odhadnuté ceny za stavební činnost.

Metoda fotogrammetrie, jak ukazují výsledky mé diplomové práce, se jeví jako vhodná metoda k pasportizaci budov. Mezi základní výhody bych zařadila nenáročnost pořízení dat, malou časovou náročnost vyhodnocení dat a zejména zachycení i těžko dostupných míst. Další důvod je využití 3D modelu při vyhotovování plánu oprav poruch, kdy byl použit pro výpočet plochy zdiva a odměření dalších neméně důležitých údajů pro odhad cen stavebních prací.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

KUDA, F., BERÁNKOVÁ, E. Facility management v technické správě a údržbě budov, 2012, 1. Vyd., 252 s., ISBN 978-80-7431-114-7.

ČESELSKÝ, Jan. Pasportizace v kontextu udržitelného managementu obecního domovního a bytového fondu. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, Fakulta stavební. ISBN 978-802-4825-496.

ŠMAHEL, Milan. In: *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2014*[online]. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, s. 97-102 [cit. 2019-05-10]. ISBN 978-80-214-4852-0.

ŠMAHEL, Milan. In: *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2015*[online]. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, s. 262-269 [cit. 2019-05-10]. ISBN 978-80-214-5100-1.

WITZANY, Jiří, Richard WASSERBAUER, Tomáš ČEJKA, Klára KROFTOVÁ a Radek ZIGLER. *Obnova a rekonstrukce staveb: poruchy, degradace, sanace*. 2. přepracované vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018, 326 stran : ilustrace (některé barevné) ; 30 cm. ISBN 978-80-01-06360-6.

SYNEK, Jaroslav, 2018. Podmínky úspěchu použití BIM modelu ve stavebním projektu. *Časopis Stavebnictví*. Č. 9, s. 46-52. ISSN 1802-2030.

ANTÓN, Daniel, Benachir MEDJDOUB, Raid SHRAHILY a Juan MOYANO. Accuracy evaluation of the semi-automatic 3D modeling for historical building information models. *International Journal of Architectural Heritage* [online]. Taylor & Francis, 2018, **12**(5), 790-805 [cit. 2019-05-11]. DOI: 10.1080/15583058.2017.1415391. ISSN 1558-3058.

HENEK, V. a V. VENKRBEC. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. Institute of Physics Publishing, 2017, **95**(6), [cit. 2019-05-10]. DOI: 10.1088/1755-1315/95/6/062002. ISSN 17551307.

HANZL, Vlastimil a Karel SUKUP. *Fotogrammetrie I*. Brno: CERM, 2002, 94 s. : il. ISBN 80-214-2049-9.

BAKER, Berenice. UAV evolution – how natural selection directed the drone revolution. *Army technology*[online]. London: Verdict Media Limited, 2019 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.army-technology.com/features/featureuav-evolution-natural-selectiondrone-revolution/>.

PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 1*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 200 s. : il. ; 30 cm. ISBN 978-80-01-04249-6.



JIROUŠEK, Tomáš, Roman KAPICA a Dana VRUBLOVÁ. The testing of photoscan 3D object modelling software. *Geodesy and Cartography* [online]. Taylor & Francis, 2014, **40**(2), 68-74 [cit. 2019-05-10]. DOI: 10.3846/20296991.2014.930251. ISSN 2029-6991.

BÖHM, Josef. *Fotogrammetrie*. Ostrava, 2002. Učební text. Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava, s. 16 [cit. 2019-05-10].

KALINKA, Maris a Elina RUTKOVSKA. Digital Close-Range Photogrammetry to Use the Digital Camera and 3D Laserscanning in Architectural [online]. Riga: Riga Technical University, 2010, **11** [cit. 2019-05-11]. ISSN 14077329. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/914158241>

NOVÝ, Jiří. Veverí u Brna. *Vylezven* [online]. Axolot, 2018 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://vylezven.cz/veveri-u-brna/>

DACÍK, Tomáš. *Hrad Veverí: mýtus, historie a skutečnost*. Brno: Svan, 2000, 160 s. ISBN 80-85956-16-0.

FLODROVÁ, Milena. *Hrad Veverí vypráví*. Brno: Šimon Ryšavý, 2002, 121 s. ISBN 80-86137-69-4.

HODEČEK, Dalibor. *Hrad Veverí – stručné dějiny*. Státní památkový ústav v Brně, 2001, 236 s. ISBN 80-85032-81-3.

Nahlížení do katastru nemovitostí. *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. ČÚZK, 2010 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: [www.geoportal.cuzk.cz](http://www.geoportal.cuzk.cz)

Trimble. In: *Trimble* [online]. Sunnyvale, CA: Digital Millennium, 2006 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.trimble.com/>

Geotronics Praha. In: *Geotronics* [online]. Praha: Geotronics Praha, 2016 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://geotronics.cz/>

*Mapové aplikace* [online]. Praha: Česká geologická služba, 2019 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/>

RINALDIS, Dario, Paolo CLEMENTE a Giacomo BUFFARINI. Dynamic Behavior of a Historical Building. *Advanced Materials Research* [online]. Trans Tech Publications, 2010, 133, 659-664 [cit. 2019-05-11]. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.133-134.659. ISSN 1022-6680.

Zákon č. 20/1987 Sb., *Zákon České národní rady o státní památkové péči* novelizován Zákonem č. 225/2017 Sb.

*Ceník agregovaných položek RTS DATA* [online]. Brno: RTS, 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://rtscloud.cz/App/SCSP/scsp/>

Usnesení vlády České republiky ze dne 25. září 2017 č. 682 o Konceptu zavádění metody BIM

HENEK, Vladan. BIM – moderní projektování pro 21. století. In: *Stamin* [online]. 2014 [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.stamin.eu/blog-BIM-informacni-modelovani-budov>

## SEZNAM ZKRATEK

3D – Trojdimenzionální

1. NP – První nadzemní podlaží

2. NP – Druhé nadzemní podlaží

BIM – Informační model budovy (anglicky Building Information Modeling)

Bpv – Výškový systém Baltský po vyrovnání

ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální

GPS – Globální polohový systém (anglicky Global Positioning System)

GNSS – Globální družicový polohový systém

IMU – Inerciální měřicí jednotka (anglicky Inertial measurement unit)

S-JTSK – Souřadnicový systém Jednotná trigonometrická síť katastrální

JV – Jihovýchod

TZB – Technická zařízení budov

UAV – Bezpilotní letadlo (anglicky Unmanned aerial vehicle)

VRN – Vedlejší rozpočtové náklady

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 - Charakteristické tvary trhlin (Witzany a kol., 2018) .....	19
Obr. č. 2 - Projekce mapy a snímku (Böhm, 2002) .....	21
Obr. č. 3 - Vnitřní orientace snímku (Böhm, 2002) .....	22
Obr. č. 4 - Konvergence snímkování (Hanzl, 2002) .....	24
Obr. č. 5 - Státní hrad Veveří – pohled na celý areál (Nový, 2019) .....	26
Obr. č. 6 - Informace o vlastnicích (dostupné z ČÚZK – nahlížení do KN) .....	28
Obr. č. 7 - Informace o pozemku (dostupné z ČÚZK – nahlížení do KN) .....	28
Obr. č. 8 - Umístění Jižní brány v areálu Hradu Veveří (vlastní tvorba, 2019) .....	29
Obr. č. 9 - Přijímač GNSS Trimble (Geotronics, 2016) .....	30
Obr. č. 10 - Totální stanice Trimble (vlastní tvorba, 2019) .....	31
Obr. č. 11 - Postavení přístroje na stanovisku 9001 (vlastní tvorba, 2019) .....	31
Obr. č. 12 - Kvadrokoptéry DJI-F302 PHANTOM FC40 RC (vlastní tvorba, 2019) .....	32
Obr. č. 13 - Schéma bodového pole (vlastní tvorba, 2019) .....	34
Obr. č. 14 - Rozmístění kamery při pořizování snímků objektu (vlastní tvorba, 2019) .....	35
Obr. č. 15 - Schématické rozmístění kamery (vlastní tvorba, 2019) .....	36
Obr. č. 16 - Výpočet kalibračních parametrů (vlastní tvorba, 2019) .....	39
Obr. č. 17 - Pohled na digitální model Vstupní brány Hradu Veveří (vlastní tvorba, 2019) .....	41
Obr. č. 18 - Půdní mapa s vyobrazenou lokalitou (mapy geology, 2019) .....	43
Obr. č. 19 - Erb Zikmunda z Tiefenbachu (vlastní tvorba, 2019) .....	45
Obr. č. 20 - Pohled na jižní strany objektu (vlastní tvorba, 2019) .....	45
Obr. č. 21 - Jednoduchý trámový strop 2. NP (vlastní tvorba, 2019) .....	46
Obr. č. 22 - Střešní konstrukce a odvodnění (vlastní tvorba, 2019) .....	47
Obr. č. 23 - Konstrukce krovu (vlastní tvorba, 2019) .....	47
Obr. č. 24 - Konstrukce krovu (vlastní tvorba, 2019) .....	47
Obr. č. 25 - Ukázka podlahy v 2. NP (vlastní tvorba, 2019) .....	48
Obr. č. 26 - Schéma poruch exteriéru (vlastní tvorba, 2019) .....	49
Obr. č. 27 - Degradace vnější omítky severní strany objektu (vlastní tvorba, 2019) .....	50

Obr. č. 28 - Degradace vnější omítky východní strana objektu (vlastní tvorba, 2019) .....	50
Obr. č. 29 - Degradace vnější omítky jižní strany objektu (vlastní tvorba, 2019) .....	50
Obr. č. 30 - Degradace vnější omítky západní strana objektu (vlastní tvorba, 2019) .....	50
Obr. č. 31 - Absence napojení odvodnění objektu (vlastní tvorba, 2019) .....	51
Obr. č. 32 - Trhlina v obvodovém zdivu (vlastní tvorba, 2019) .....	52
Obr. č. 33 - Degradace soklu (vlastní tvorba, 2019) .....	53
Obr. č. 34 - Úprava vnějšího zdiva po elektroinstalaci (vlastní tvorba, 2019) .....	54
Obr. č. 35 - Pohled na střechu (vlastní tvorba, 2019) .....	55
Obr. č. 36 - Provizorní podepření překladu dveří (vlastní tvorba, 2019) .....	56
Obr. č. 37 - Porušení dveřního prahu vchodových dveří 2. NP (vlastní tvorba, 2019) .....	56
Obr. č. 38 - Pohled na podlahu bez nášlapné vrstvy (vlastní tvorba, 2019) .....	57
Obr. č. 39 - Ukázka zdi z velké části bez omítky (vlastní tvorba, 2019) .....	58
Obr. č. 40 - Srovnání BIM modelu s klasickým projektem (Henek, 2014) .....	70

## SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 - Rozdělení bezpilotních prostředků (vlastní tvorba, 2019).....	25
Tab. č. 2 - Parametry GNSS přijímače (Trimble.com, 2006) .....	30
Tab. č. 3 - Parametry totální stanice Trimble (Trimble.com, 2006) .....	31
Tab. č. 4 - Parametry laserového dálkoměru Bosch (Nako Pardubice, 2019) .....	32
Tab. č. 5 - Parametry digitálního fotoaparátu Nikon (MegaPixel, 2019).....	32
Tab. č. 6 - Parametry fotoaparátu kvadrokoptéry (Foto Škoda, 2019) .....	32
Tab. č. 7 - Porovnání času a přesnosti jednotlivých měření (vlastní tvorba, 2019) .....	38
Tab. č. 8 - Porovnání programů použitých při tvorbě 3D modelu (vlastní tvorba, 2019) .....	42
Tab. č. 9 - Přehled zjištěných poruch (vlastní tvorba, 2019) .....	59
Tab. č. 10 - Přehled stavebních činností s odhadovanými cenami (vlastní tvorba, 2019).....	60
Tab. č. 11 - Ukázka řádkového harmonogramu (vlastní tvorba, 2019).....	63
Tab. č. 12 - Porovnání přesnosti měřených délek (vlastní tvorba, 2019) .....	64
Tab. č. 13 - Porovnání dvou software programů u (vlastní tvorba, 2019).....	65
Tab. č. 14 - Přehled poruch s návrhem opravy (vlastní tvorba, 2019).....	66
Tab. č. 15 - Přehled stavebních činností s odhadnutou cenou (vlastní tvorba, 2019) .....	68

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Půdorys 1. NP (analogově i digitálně)
Příloha č. 2 – Půdorys 2. NP (analogově i digitálně)
Příloha č. 3 – Řez objektem (analogově i digitálně)
Příloha č. 4– 3D model objektu (pouze digitálně)
Příloha č. 5 – Fotodokumentace (pouze digitálně)